

Provincia di Cuneo
UNIONE MONTANA VALLE MAIRA

P.S.R. 2014/2020

Operazione 7.5.1. Infrastrutture turistico-ricettive ed informazioni turistiche
PIANO D'INTERVENTO DENOMINATO "OUTDOOR D'OC"

Itinerario Sentieristico "PERCORSI OCCITANI"

505_1A_2 - Interventi di miglioramento dell'itinerario escursionistico
"Percorsi Occitani" - REALIZZAZIONE DI PONTE PEDONALE SUL TORRENTE
MAIRA IN LOCALITA' MONASTERO DI DRONERO E LOCALITA' MORRA DI
VILLAR SAN COSTANZO

Allegato n. 505_1A_2_16

RELAZIONE GEOTECNICA
e
DELLE FONDAZIONI

I Progettisti

II Responsabile del Procedimento

San Damiano Macra
Maggio 2018

dott.ing. galfrè livio e geom.giraudò stefania
STUDIO TECNICO associato
via L. Negrelli n. 11 - 12100 CUNEO
tel. e fax. 0171-634433 - email studio@galfregiraudol91.it

1 Normativa di riferimento

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI NTC 2008
Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI
Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

NORMA TECNICA UNI EN 1997-1:2005 (EUROCODICE 7 - PROGETTAZIONE GEOTECNICA)

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

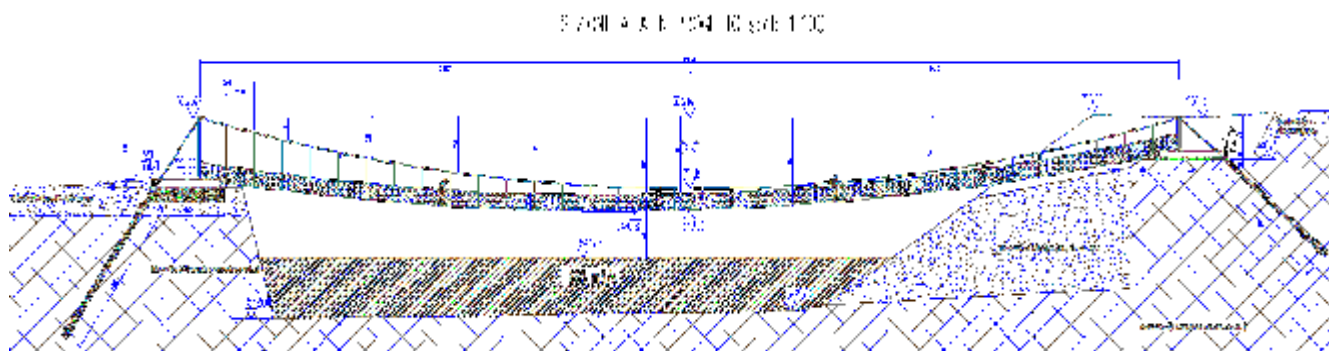
EUROCODICE 8
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2 Premessa

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

STRUTTURA DI NUOVA COSTRUZIONE:

Il progetto prevede la realizzazione di una passerella-ponte su cavi (tipo "ponte tibetano") tesato tra i due sostegni posti sulle due sponde del torrente Maira.



3 Descrizione delle opere in sito

3.1)

Descrizione delle strutture:

- fondazione in sponda sinistra a platea di calcestruzzo armato su sottofondazione in magrone di calcestruzzo a sua volta poggiante su strato di materiale ghiaioso-ciottoloso-sabbioso di spessore limitato (circa 1.0m sotto il magrone) a sua volta poggiante su potente strato di conglomerato naturale (avente la consistenza di roccia)
- fondazione in sponda destra a platea di calcestruzzo armato su sottofondazione in magrone di calcestruzzo a sua volta poggiante direttamente su potente strato di conglomerato naturale (avente la consistenza di roccia)
- Supporti verticali costituiti da profili di acciaio conformati a telaio rettangolare controventato con saette altrettanto di profili in acciaio. Tutti gli elementi verticali e le saette sono fissate alla platea di fondazione con "tirafondi" in acciaio
- il contrasto delle azioni orizzontali determinate dalla passerella-ponte parallelamente all'asse del ponte, oltre che dal peso proprio delle strutture è anche attuato da due tiranti di ancoraggio in roccia del conglomerato naturale per ogni fondazione

- funi portanti superiori: 2 funi d'acciaio $\varnothing 22\text{mm}$ zincate da 216 fili + anima metallica, con resistenza pari a 2160 N/mm² e carico a rottura complessivo della fune garantito di minimo 402.0 KN (41000 Kg)
- funi portate inferiori: 2 funi d'acciaio $\varnothing 16$ zincate da 216 fili + anima metallica, con resistenza pari a 1770 N/mm² e carico a rottura complessivo della fune di 165 KN
- funi controventatura: 2 funi d'acciaio $\varnothing 16$ zincate da 216 fili + anima metallica, con resistenza pari a 1770 N/mm² e carico a rottura complessivo della fune di 165 KN
- tirantini verticali tra funi portanti superiori e funi inferiori e tra funi inferiori e controventature: cavi d'acciaio $\varnothing 8\text{mm}$ zincati da 19 fili, con resistenza pari a 1770 N/mm² e carico a rottura complessivo dei cavi di 58.8 KN.

3.2)

Le fondazioni del ponte-passerella sono su due sponde opposte e quindi la situazione del terreno di fondazione è diversa da una sponda all'altra.

Pertanto i dati generali sono unici per tutto il ponte, mentre le verifiche delle fondazioni si differenziano sui due lati.

Infatti:

- in sponda sinistra la fondazione appoggia, mediante una sottofondazione in magrone di calcestruzzo, su un sottile strato di materiale sciolto ghiaioso-ciottoloso-sabbioso, il quale a sua volta appoggia su un conglomerato naturale ben cementato ed avente consistenza di roccia;
- in sponda destra la fondazione appoggia, mediante una sottofondazione in magrone di calcestruzzo, su un conglomerato naturale ben cementato ed avente consistenza di roccia (lo stesso materiale descritto sulla sponda opposta).

3.3)

Il progetto è corredato dalla Relazione Geologica del dott. Fabrizio Cambursano, nella quale sono riportati in dettaglio i dati geologici e geotecnici richiamati in questa relazione.

3.4)

La **struttura in oggetto** è stata analizzata secondo la norma D.M. 14-01-08 (N.T.C.), considerandola come tipo di costruzione 2. In particolare si è prevista, in accordo con il committente, una vita nominale dell'opera di $V_n=50$ anni per una classe d'uso II, e quindi una vita di riferimento di 50 anni (§2.4.3).

L'opera è edificata in località Dronero, fr. Monastero/Villar San costanzo fr. Morra; Latitudine ED50 44,4726° (44° 28' 21"); Longitudine ED50 7,4208° (7° 25' 15"); Altitudine s.l.m. 554 m. (coordinate esatte: 44,472593 7,420817), punto che risulta corrispondere come zonazione sismica ad una Zona 3.

- Vita nominale (paragr.2.4.1 del DM) $V_n = 50$ anni
- Coefficiente d'uso: (paragr.2.4.3 del DM) $C_u = 1$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = 50 \cdot 1 = 50$ anni

Valori corrispondenti di a_g , F_0 , T_c^* in SLV (Allegato B del DM 14-01-08):

Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(sec)
SLO	Default (81)	30	0.0397	2.448	0.206
SLD	Default (63)	50	0.0536	2.412	0.23
SLV	Default (10)	475	0.1361	2.48	0.278
SLC	Default (5)	975	0.171	2.51	0.288

La pericolosità sismica di base del sito di costruzione è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo in condizioni ideali su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, come previsto nell'allegato A della norma. I tre parametri fondamentali (accelerazione a_g , fattore di amplificazione F_0 e periodo T^*C) si ricavano per ciascun nodo del del reticolo di riferimento in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica T_R previsto, espresso in anni; quest'ultimo è noto una volta fissate la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento attesa nell'arco della vita di riferimento. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_V cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportate nella tabella 3.2.1 del §3.2.1 della norma; i valori di P_V forniti in tabella possono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere (cfr. anche il §C3.2.1).

Nella presente progettazione si sono considerati i seguenti parametri sismici:

PVr SLD (%)	63
Tr SLD	50
Ag/g SLD	0.0536
Fo SLD	2.412
Tc* SLD	0.23
PVr SLV (%)	10

Tr SLV
Ag/g SLV
Fo SLV
Tc* SLV

475
0.1361
2.48
0.278

Risposta sismica locale

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile focalizzazione delle onde sismiche in punti particolari (pendii, creste).

Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali (§3.2.2). Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo prevalente nella categoria B - sabbie dense o argille consistenti. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III).

Categoria A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs, 30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica ST, viste le condizioni in sito e l'orografia della zona, si è attribuita la categoria topografica T2. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (Tab. 3.2.IV).

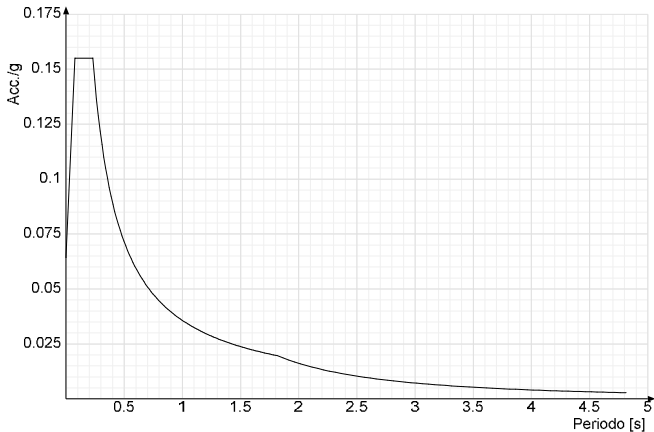
Categoria T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

In base alle categorie scelte si sono infine adottati i seguenti coefficienti di amplificazione e spettrali:

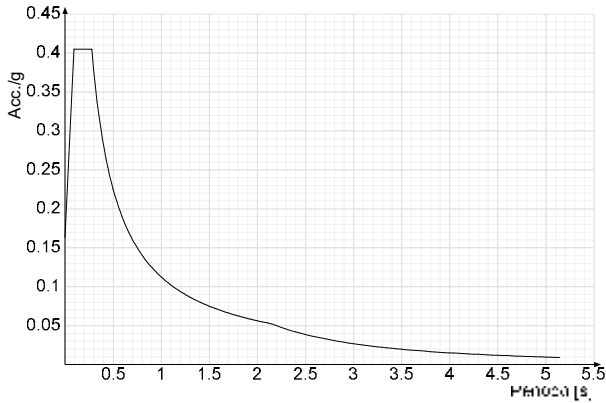
Ss orizzontale SLD	1	
Tb orizzontale SLD	0.077	[s]
Tc orizzontale SLD	0.23	[s]
Td orizzontale SLD	1.814	[s]
Ss orizzontale SLV	1	
Tb orizzontale SLV	0.093	[s]
Tc orizzontale SLV	0.278	[s]
Td orizzontale SLV	2.144	[s]

Si riportano infine gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

Viene mostrato lo spettro di risposta elastico "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



Viene mostrato lo spettro di risposta elastico "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



Parametri di analisi

Si è condotta una analisi di tipo Lineare dinamica su una costruzione di acciaio regolare in pianta regolare in altezza.

Le parti strutturali in acciaio sono inquadrabili nella tipologia a) Strutture intelaiate $q_0=4.0$, con rapporto $\alpha U/\alpha_1$

Si è considerata una classe di duttilità CD"B", a cui corrispondono per la struttura in esame i seguenti fattori di struttura:

Fattore di struttura per sisma X	4
Fattore di struttura per sisma Y	4
Fattore di struttura per sisma Z	1.5

Altri parametri che influenzano l'azione sismica di progetto sono riassunti in questo prospetto:

Smorzamento viscoso (%)	5	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]
Moltiplicatore sisma X per combinazioni di default	1	
Moltiplicatore sisma Y per combinazioni di default	1	

Nell'analisi dinamica modale si sono analizzati 3 modi di vibrare valutati secondo il metodo di Ritz.

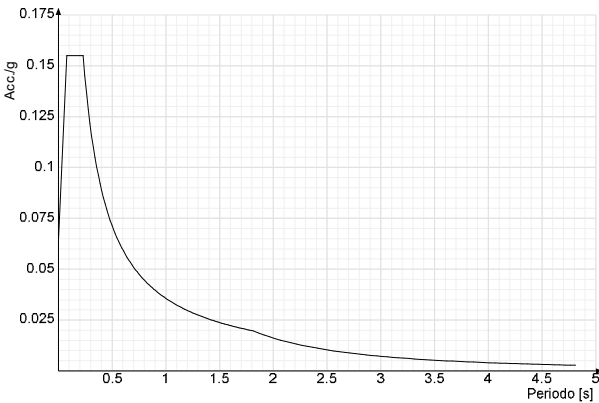
Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nell'localizzazione delle masse, la normativa richiede di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale (§7.2.6), in aggiunta alla eccentricità naturale della costruzione, mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

Nella struttura in oggetto si è applicata una eccentricità accidentale secondo il seguente prospetto:

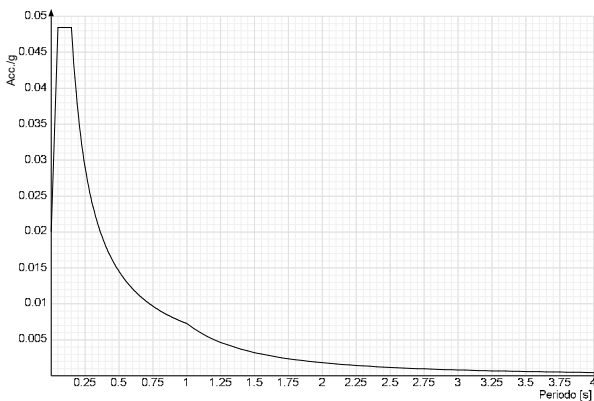
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	24.5	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Fondazione"	15	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Livello irrigidim intermedio"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Livello irrigidim intermedio"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Livello Fune superiore"	24.5	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Livello Fune superiore"	15	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Livello HEA160"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Livello HEA160"	0	[cm]

Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

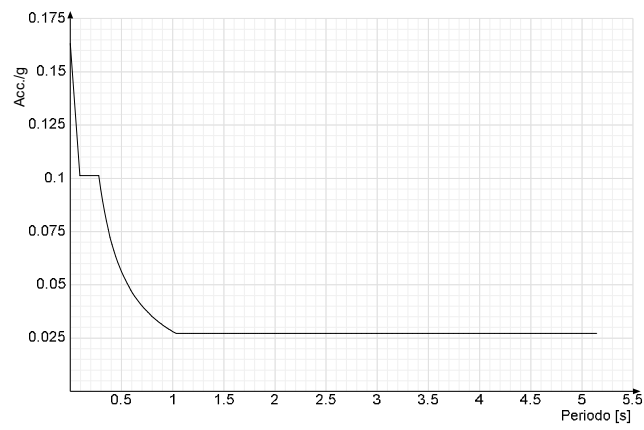
Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.4".



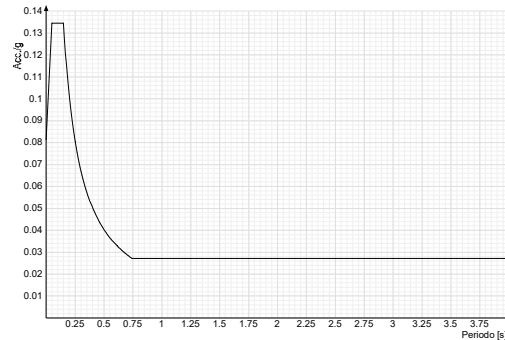
Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLD § 3.2.3.4".



Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5". Questo spettro è valido anche per l'altra componente orizzontale, essendo coincidente.



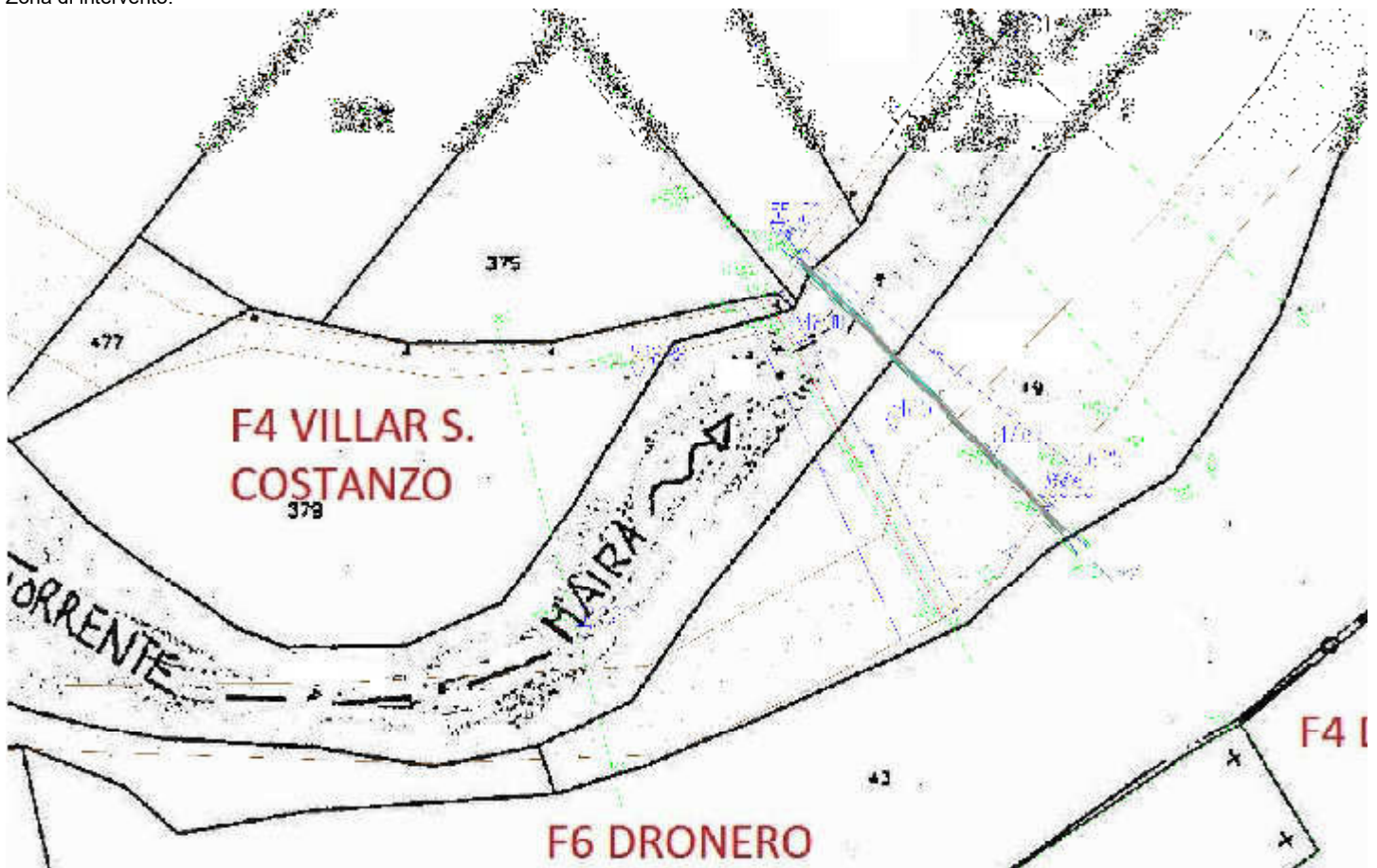
Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLV § 3.2.3.5".



<testo utente: si consiglia di riepilogare la pericolosità sismica di base del sito in esame (clic dx per modificare il paragrafo)>

4 Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Zona di intervento:



Tipologia di fondazione

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidità. In direzione orizzontale si è considerata la struttura bloccata.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:

Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default) 3 [daN/cm³]

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale Vesic
Metodo di calcolo della capacità portante Vesic
Metodo di calcolo della pressione limite punta palo Vesic

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri:

Coefficiente di sicurezza portanza fondazioni superficiali 2.3
Coefficiente di sicurezza scorrimento fondazioni superficiali 1.1
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta 1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione 1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione 1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta 1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione 1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione 1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta 1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione 1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione 1.25
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate 1.7

4.1 Elementi di fondazione

4.1.1 Fondazioni di piastre

Descrizione breve: Descrizione breve usata nelle tabelle dei capitoli delle piastre di fondazione.

Stratigrafia: Stratigrafia del terreno nel punto medio in pianta dell'elemento.

Sondaggio: È possibile indicare esplicitamente un sondaggio definito nelle preferenze oppure richiedere di estrapolare il sondaggio dalla definizione del sito espressa nelle preferenze.

Estradosso: Distanza dalla quota superiore del sondaggio misurata in verticale con verso positivo verso l'alto. [cm]

Deformazione volumetrica: Valore della deformazione volumetrica impiegato nel calcolo della pressione limite a rottura con la formula di Vesic. Il valore è adimensionale. Accetta anche il valore di default espresso nelle preferenze.

K verticale: Coefficiente di sottofondo verticale del letto di molle. [daN/cm³]

Limite compressione: Pressione limite di plasticizzazione a compressione del letto di molle. [daN/cm²]

Limite trazione: Pressione limite di plasticizzazione a trazione del letto di molle. [daN/cm²]

Descrizione breve	Stratigrafia		Deformazione volumetrica	K verticale	Limite compressione	Limite trazione
	Sondaggio	Estradosso				
FS1	Piu' vicino in sito	0		Default (3)	Default (10)	Default (0.001)

5 Programma delle indagini

L'indagine è stata effettuata mediante scavi ed osservazioni della stratigrafia locale facilmente accessibile, perché il torrente in questa zona determina un taglio verticale dei terreni mettendone in evidenza tutta la stratigrafia:

Sponda destra:



Sponda sinistra:



5.1 Sondaggi del sito

Vengono elencati in modo sintetico tutti i sondaggi risultanti dalle verticali di indagine condotte in sito, con l'indicazione dei terreni incontrati, degli spessori e dell'eventuale falda acquifera.

Nome attribuito al sondaggio: Sondaggio

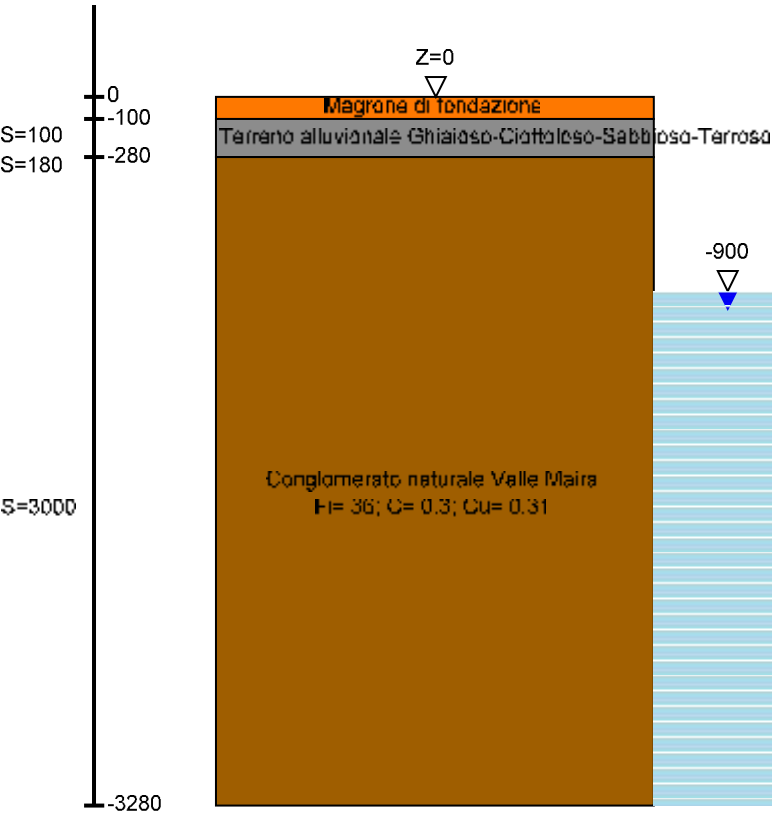
Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 0, 0

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 0

Si fa riferimento anche alla Relazione Geologica che accompagna il progetto e redatta dal dott. Geologo Fabrizio

IN SPONDA SINISTRA

I valori sono espressi in cm



- ▽ Livello Fune superiore (Z=428)
- ▽ Livello irrigidim intermedio (Z=214)
- ▽ Fondazione (Z=0)

IN SPONDA DESTRA

I valori sono espressi in cm

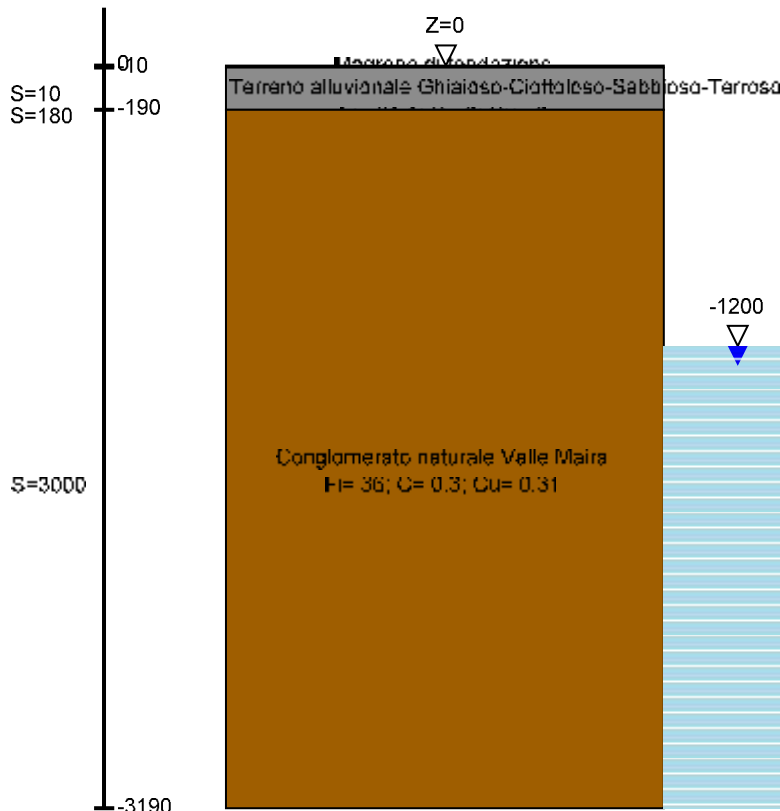


Immagine: Sondaggio

Stratigrafie

Terreno: terreno mediamente uniforme presente nello strato.

Sp.: spessore dello strato. [cm]

Eel,s: modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]

Eel,i: modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]

Eed,s: modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]

Eed,i: modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]

CC,s: coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CC,i: coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,s: coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,i: coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

E0,s: indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

E0,i: indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

OCR,s: indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

OCR,i: indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

IN SPONDA SINISTRA

Terreno	Sp.	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
Terreno alluvionale Ghiaioso-Ciottoloso-Sabbioso-Terroso	180	1200	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Conglomerato naturale Valle Maira	3000	900	900	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

IN SPONDA DESTRA

Terreno	Sp.	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
Terreno alluvionale Ghiaioso-Ciottoloso-Sabbioso-Terroso	180	1200	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Conglomerato naturale Valle Maira	3000	900	900	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Falde

Profondità: profondità della superficie superiore della falda dalla quota del punto di riferimento. [cm]
Carico piezometrico: carico piezometrico rispetto alla superficie superiore, 0 per falde freatiche. [cm]
Spessore: spessore dell'acquifero.

IN SPONDA SINISTRA

Profondità	Carico piezometrico	Spessore
900	0	Fino in fondo

IN SPONDA DESTRA

Profondità	Carico piezometrico	Spessore
1200	0	Fino in fondo

6 Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.
Coesione: Coesione del terreno. [daN/cm²]
Coesione non drenata: Coesione non drenata (Cu) del terreno. [daN/cm²]
Attrito interno: Angolo di attrito interno del terreno. [deg]
Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno-cla. [deg]
Adesione: Coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cla. Il valore è adimensionale.
K0: Coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.
Gamma naturale: Peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [daN/cm³]
Gamma saturo: Peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [daN/cm³]
E: Modulo elastico longitudinale del terreno. [daN/cm²]
Poisson: Coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

IN SPONDA SINISTRA

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	Delta	Adesione	K0	Gamma naturale	Gamma saturo	E	Poisson
Terreno alluvionale Ghiaioso-Ciottoloso-Sabbioso-Terroso	0	0	32	0	1	0.48	0.0020	0.0021	1200	0.32
Conglomerato naturale Valle Maira	0.3	0.30	40	25	1	0.41	0.0022	0.0024	900	0.3

IN SPONDA DESTRA

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	Delta	Adesione	K0	Gamma naturale	Gamma saturo	E	Poisson
Terreno alluvionale Ghiaioso-Ciottoloso-Sabbioso-Terroso	0	0	32	0	1	0.48	0.0020	0.0021	1200	0.32
Conglomerato naturale Valle Maira	0.3	0.30	40	25	1	0.41	0.0022	0.0024	900	0.3

7 Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica

Modello di fondazione

Le fondazioni a platea sono modellate con l'inserimento di molle verticali elastiche agenti nei nodi delle mesh.

Verifica di scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale.
Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.
Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (Rd) e quelle instabilizzanti (Ed):

$$R_d = (N \cdot \tan(\phi) + c_u \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_y) / \gamma_R$$
$$|Ed| = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:
N = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;
Tx, Ty = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;

tan(phi) = coefficiente di attrito terreno-fondazione;
 ca = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;
 B, L = dimensioni della fondazione;
 alpha = fattore di riduzione della spinta passiva;
 Sp = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
 gamma rs= fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento FS=Rd/Ed sia non minore di un prefissato limite.

Verifica di capacità portante

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione (Rd) ed il carico agente (Ed), sia non minore di un prefissato limite.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, che viene descritto nei paragrafi successivi.

Metodo di Vesic

La capacità portante valutata attraverso la formula di Vesic risulta, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_q \cdot g_q + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo (phi = 0) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_q - g'_q) + q$$

dove:

gamma' = peso di volume efficace dello strato di fondazione;
 B = larghezza efficace della fondazione (B = Bf - 2e);
 L = lunghezza efficace della fondazione (L = Lf - 2e);
 c = coesione dello strato di fondazione;
 cu = coesione non drenata dello strato di fondazione;
 q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
 Nc, Nq, Ny = fattori di capacità portante;
 sc, sq, sy = fattori di forma della fondazione;
 dc, dq, dy = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;
 ic, iq, iy = fattori di inclinazione del carico;
 bc, bq, by = fattori di inclinazione della base della fondazione;
 gc, gq, gy = fattori di inclinazione del piano campagna;

Nel caso di piano di campagna inclinato (beta > 0) e phi = 0, Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine 0.5 * gamma * B * N_gamma con N_gamma = -2 * sen beta

Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_x = (N_q - 1) \cdot \cot \phi; \quad N_q = \left(\frac{45^\circ + \frac{\phi}{2}}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi)}; \quad N_y = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$$

$$s_x = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_x = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_y = 1 + \frac{H}{L} \cdot \tan \phi; \quad s'_y = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_x = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_x = 0.4 \cdot k; \quad d_y = 1 + 2 \cdot k \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; \quad d'_y = 1$$

$$i_x = i_q = \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad f_x = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_x \cdot N_c}; \quad i_y = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot f_x \cdot c_x \cdot \tan \phi} \right)^m;$$

$$i_y = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_x \cdot \tan \phi} \right)^{m+1}$$

$$g_x = 1 - \frac{\beta^*}{147^\circ}; \quad g'_x = \frac{\beta^*}{147^\circ}; \quad g_y = (1 - \tan \beta)^2; \quad g'_y = g_x$$

$$b_x = 1 - \frac{\eta^*}{147^\circ}; \quad b'_x = \frac{\eta^*}{147^\circ}; \quad b_y = (1 - \eta \cdot \tan \phi)^2; \quad b'_y = b_x$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \arctg \left(\frac{D}{B_f} \right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

phi = angolo di attrito dello strato di fondazione;

ca = aderenza alla base della fondazione;

nu = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale (nu = 0 se orizzontale);

beta = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

Influenza degli strati sulla capacità portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi/2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.

La tensione limite di espulsione qult per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

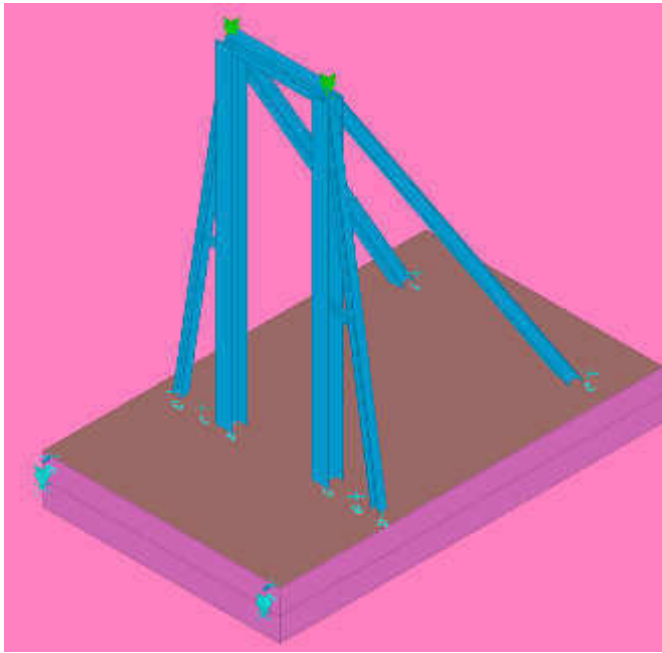
L'effetto inerziale prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'effetto cinematico si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale kh, cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

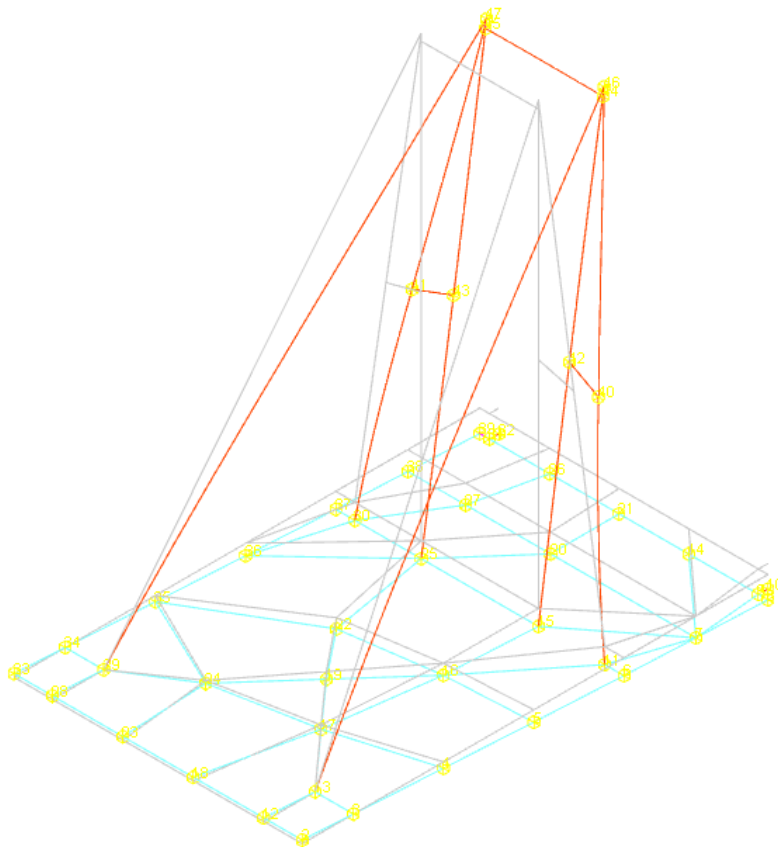
Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo **Paolucci e Pecker**:

$$e_x = \left(1 - \frac{k_b}{147^\circ} \right)^{e_x}; \quad e_y = 1 - 0.32 \cdot k_b; \quad e_p = e_y$$

8 Verifiche FONDAZIONE DI SINISTRA



struttura



deformata

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

DA1.1 - Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Le seguenti verifiche delle fondazioni sono state condotte secondo l'approccio [2].

8.3 Verifiche piastre C.A.

nod.: nodo del modello FEM

sez.: tipo di sezione (o = orizzontale, v = verticale)

B: base della sezione

H: altezza della sezione

Af+: area di acciaio dal lato B (inferiore per le piastre)

Af-: area di acciaio dal lato A (superiore per le piastre)

c+: copriferro dal lato B (inferiore per le piastre)

c-: copriferro dal lato A (superiore per le piastre)

sc: tensione sul calcestruzzo in esercizio

comb ; c: combinazione di carico

c.s.: coefficiente di sicurezza

N: sforzo normale di calcolo

M: momento flettente di calcolo

Mu: momento flettente ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

sf: tensione sull'acciaio in esercizio

Wk: apertura caratteristica delle fessure

Sm: distanza media fra le fessure

st: sigma a trazione nel calcestruzzo in condizioni non fessurate

fck: resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

fcd: resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

fctd: resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

Hcr: altezza critica

q.Hcr: *quota della sezione alla altezza critica

hw: altezza della parete

lw: lunghezza della parete

n.p.: numero di piani

hs: altezza dell'interpiano

Mxd: momento di progetto attorno all'asse x (fuori piano)

Myd: momento di progetto attorno all'asse y (nel piano)

NEd: sforzo normale di progetto

MEd: Momento flettente di progetto di progetto

VEd: sforzo di taglio di progetto

Ngrav.: sforzo normale dovuto ai carichi gravitazionali

NReale.: sforzo normale derivante dall'analisi

VRcd: resistenza a taglio dovuta alle bielle di calcestruzzo

epsilon: coefficiente di maggiorazione del taglio derivante dall'analisi

alfaS: MEd/(VEd*lw) formula 7.4.15

At: area tesa di acciaio

roh: rapporto tra area della sezione orizzontale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

rov: rapporto tra area della sezione verticale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

VRsd: resistenza a taglio della sezione con armature

Somma(Asj)- Ai: somma delle aree delle barre verticali che attraversano la superficie di scorrimento

csi: altezza della parte compressa normalizzata all'altezza della sezione

Vdd: contributo dell'effetto spinotto delle armature verticali

Vfd: contributo della resistenza per attrito

Vid: contributo delle armature inclinate presenti alla base

VRd,s: valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento

M01: momento flettente inferiore per verifica instabilità

M02: momento flettente superiore per verifica instabilità

etot: eccentricità complessiva EC2 12.6.5.2 (12.12)

Fi: coefficiente riduttivo EC2 12.6.5.2 (12.11)

l0: lunghezza libera di inflessione

beta: coefficiente EC2 12.6.5.1 (12.9)

Nrd: resistenza di progetto EC2 12.6.5.2 (12.10)

l,lim: snellezza limite EC2 12.6.5.1 (4)

At: area di calcestruzzo del traverso in parete con blocco cassero in legno

Vr,cls: resistenza a taglio in assenza di armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno

Mu: momento resistente ultimo del singolo traverso in parete con blocco cassero in legno

Hp: resistenza a trazione dell'elemento teso in parete con blocco cassero in legno

R: fattore di efficienza in parete con blocco cassero in legno

Vr,s: contributo alla resistenza a taglio della armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno

Vrd: resistenza a taglio per trazione del diagonale in parete con blocco cassero in legno

l: luce netta della trave di collegamento

h: altezza della trave di collegamento

b: spessore della trave di collegamento

d: altezza utile della trave di collegamento

Asi: area complessiva della armatura a X

M,plast: momenti resistenti della trave a filo appoggio

T,plast: sforzi di taglio nella trave derivanti da gerarchia delle resistenze

N: fattore di capacità portante, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

S: fattore correttivo per la forma della fondazione, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

D: fattore correttivo per la profondità del piano di posa, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

I: fattore correttivo per l'inclinazione del carico, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

B: fattore correttivo per l'inclinazione del piano di posa, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

G: fattore correttivo per l'inclinazione del pendio, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

P: fattore correttivo per punzonamento del suolo, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
E: fattore correttivo per l'inerzia sismica del suolo, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
Tipo: tipologia del fattore di portanza, per coesione (c), sovraccarico (q) o attrito (g)

Platea a "Fondazione"

Valori in daN, cm
C25/30: rck 300
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
25	o	100	60	11.3	11.3	5.0	6.0	5.868	3 SLU	0	406086	0	2382734
	v	100	60	11.3	11.3	3.8	4.8	1.120	3 SLU	0	2163056	0	2422277
30	o	100	60	7.7	7.7	4.4	5.4	13.383	11 SLV F	0	124212	0	1662367
	v	70	60	7.9	7.9	3.8	4.8	1.307	3 SLU	0	1297440	0	1695594

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)
25	o	100	60	11.3	11.3	5.0	6.0	-9.4	1 ra	0.00E00	3.12E05	556.5	1 ra	0.00E00	3.12E05	0.00999.00	5.0	0.0	1
ra																			
	v	100	60	11.3	11.3	3.8	4.8	-47.6	1 ra	0.00E00	1.66E06	2887.2	1 ra	0.00E00	1.66E06	0.23999.00	0.0	259.8	1
ra																			
30	o	100	60	7.7	7.7	4.4	5.4	-3.4	1 ra	0.00E00	9.47E04	239.3	1 ra	0.00E00	9.47E04	0.00999.00	1.5	0.0	1
ra																			
	v	70	60	7.9	7.9	3.8	4.8	-40.8	1 ra	0.00E00	9.98E05	2474.0	1 ra	0.00E00	9.98E05	0.00999.00	22.5	0.0	1
ra																			

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)
c																			
25	o	100	60	11.3	11.3	5.0	6.0	-9.4	1 fr	0.00E00	3.12E05	556.5	1 fr	0.00E00	3.12E05	0.00	0.40	5.0	0.0
fr																			
	v	100	60	11.3	11.3	3.8	4.8	-47.6	1 fr	0.00E00	1.66E06	2887.2	1 fr	0.00E00	1.66E06	0.23	0.40	0.0	259.8
fr																			
30	o	100	60	7.7	7.7	4.4	5.4	-3.4	1 fr	0.00E00	9.47E04	239.3	1 fr	0.00E00	9.47E04	0.00	0.40	1.5	0.0
fr																			
	v	70	60	7.9	7.9	3.8	4.8	-40.8	1 fr	0.00E00	9.98E05	2474.0	1 fr	0.00E00	9.98E05	0.00	0.40	22.5	0.0
fr																			

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)		
c	25	o	100	60	11.3	11.3	5.0	6.0	-9.4	1 q.	0.00E00	3.12E05	556.5	1 q.	0.00E00	3.12E05	0.00	0.30	5.0	0.0	1
q.		v	100	60	11.3	11.3	3.8	4.8	-47.6	1 q.	0.00E00	1.66E06	2887.2	1 q.	0.00E00	1.66E06	0.23	0.30	0.0	259.8	1
q.	30	o	100	60	7.7	7.7	4.4	5.4	-3.4	1 q.	0.00E00	9.47E04	239.3	1 q.	0.00E00	9.47E04	0.00	0.30	1.5	0.0	1
q.		v	70	60	7.9	7.9	3.8	4.8	-40.8	1 q.	0.00E00	9.98E05	2474.0	1 q.	0.00E00	9.98E05	0.00	0.30	22.5	0.0	1
q.																					

Verifiche geotecniche

Dati geometrici dell'impronta di calcolo
Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente
Coordinata X del centro impronta: 242
Coordinata Y del centro impronta: -295
Coordinata Z del centro impronta: -60
Lato minore B dell'impronta: 300
Lato maggiore L dell'impronta: 485
Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 145500

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Combinazioni non sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 1
Verifica condotta in condizioni non drenate (a breve termine)
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -92784.11 daN
Resistenza di progetto: 4.23 daN/cm2 = 615.465,0 daN (vedasi anche Relazione Geologico)
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 2.88 (verificato)

Parametri utilizzati nel calcolo:
Forza risultante agente in direzione x: 65108
Forza risultante agente in direzione y: 0
Forza risultante agente in direzione z: -92784.11
Momento agente in direzione x: 57184.85
Momento agente in direzione y: 12003105.04
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 35.06
Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0
Eccentricità del carico in direzione x: 129.37
Eccentricità del carico in direzione y: 0.62
Impronta al suolo (BxL): 485 x 300
Larghezza efficace (B'=B-2*e): 226.27
Lunghezza efficace (L'=L-2*e): 298.77
Coesione di progetto: .19

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	P	E	Tipo
5.14	0.15	0.00	1.55	0.00	0.00	1.00	0.00	Coesione

1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Sovraccarico
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Attrito

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Combinazioni sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 1
Verifica condotta in condizioni non drenate (a breve termine)
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -90527.29
Resistenza di progetto: 4.23 daN/cm2 = 615.465,0 daN (vedasi anche Relazione Geologico)
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 2.95 (verificato)

Parametri utilizzati nel calcolo:
Forza risultante agente in direzione x: 63630.15
Forza risultante agente in direzione y: -342.81
Forza risultante agente in direzione z: -90527.29
Momento agente in direzione x: 89670.45
Momento agente in direzione y: 11714664.17
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 35.1
Inclinazione del carico in direzione y (deg): -0.22
Eccentricità del carico in direzione x: 129.4
Eccentricità del carico in direzione y: 0.99
Impronta al suolo (BxL): 485 x 300
Larghezza efficace (B'=B-2*e): 226.19
Lunghezza efficace (L'=L-2*e): 298.02
Coesione di progetto: .19
Accelerazione normalizzata massima al suolo: .05

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	P	E	Tipo
5.14	0.15	0.00	1.51	0.00	0.00	1.00	0.00	Coesione
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Sovraccarico
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Attrito

8.4 Pressioni terreno in SLU

<<<<< lato Villar San costanzo

>>>>>> lato torrente

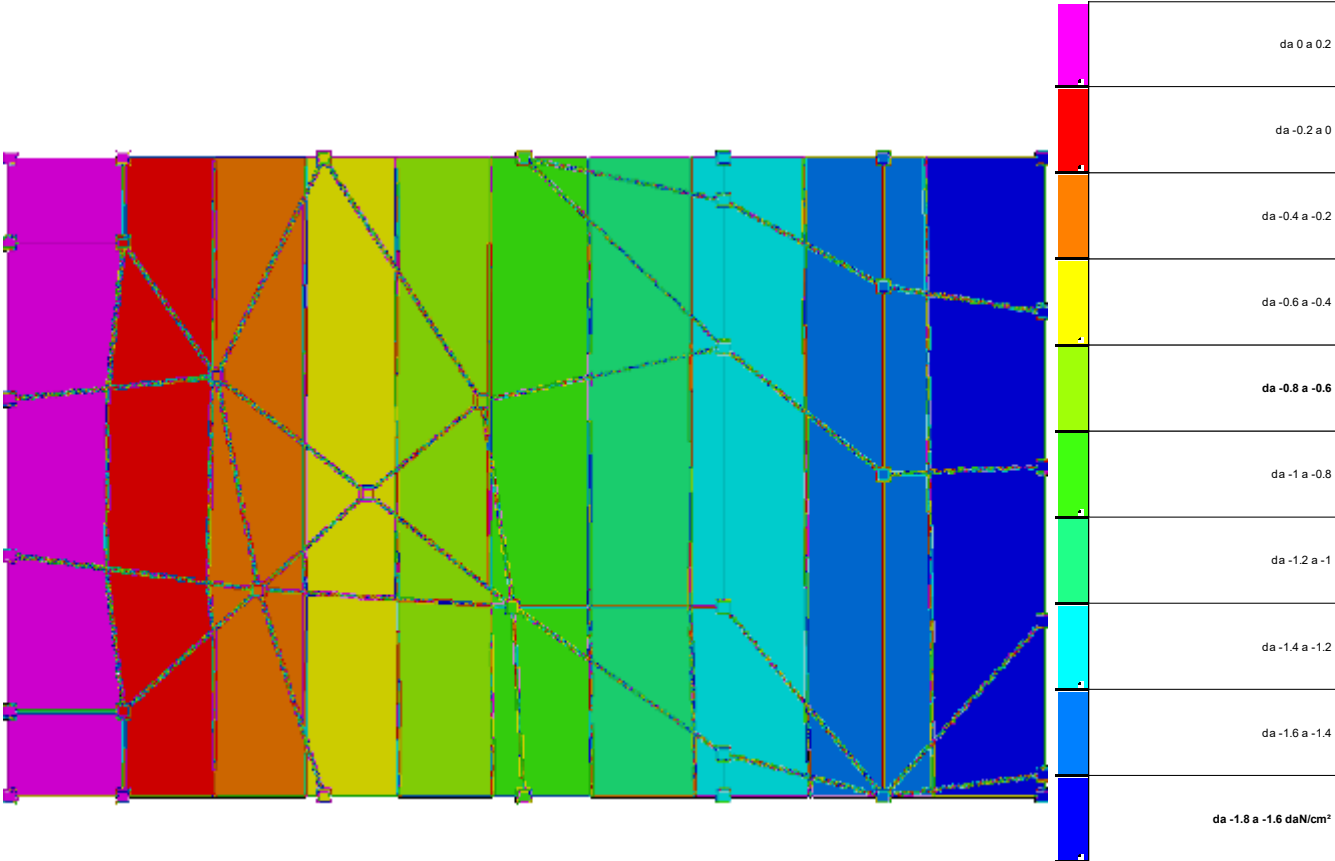


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

8.6 Pressioni terreno

<<<<< lato Villar San costanzo

>>>>>> lato torrente

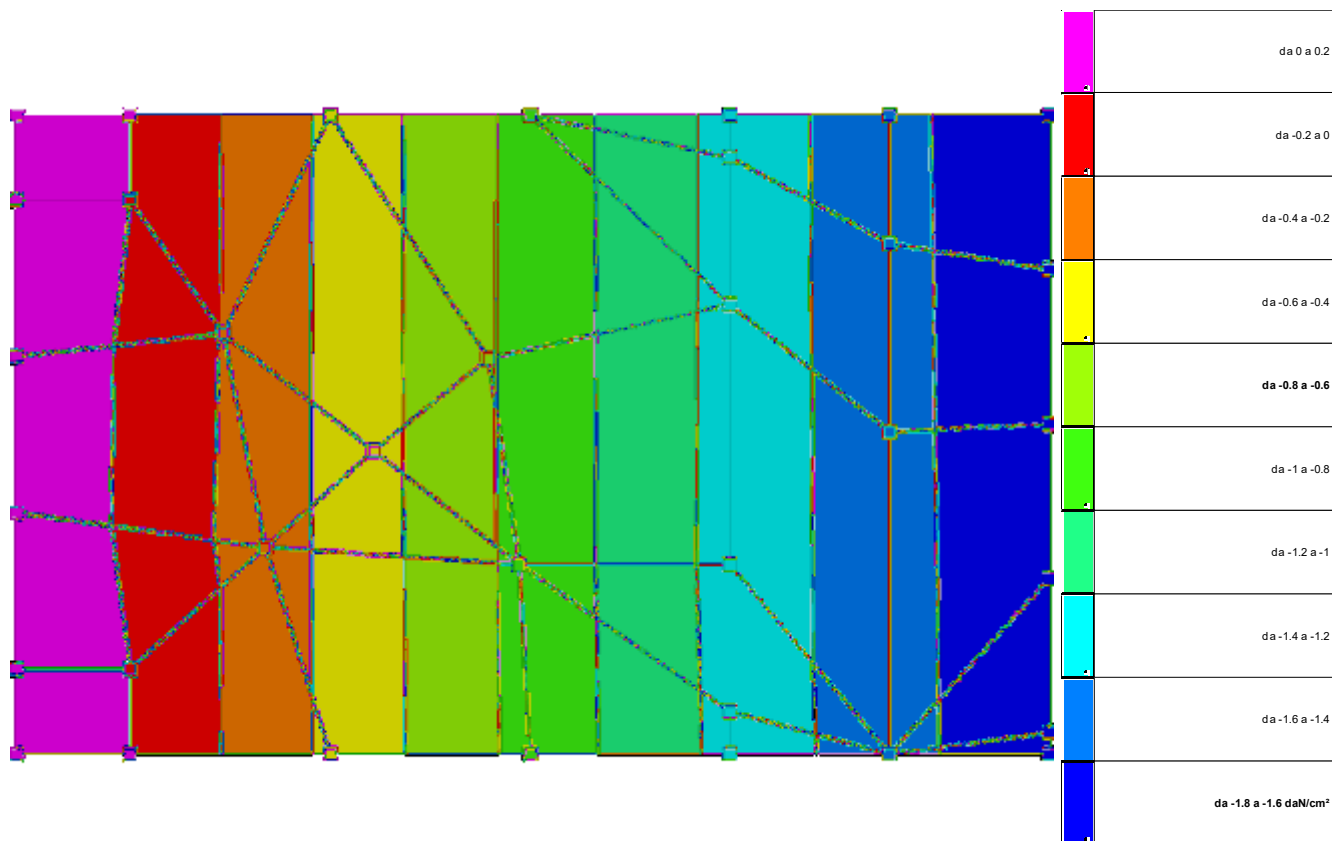


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno con involuppi predefiniti.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: Indice del nodo.

Pressione minima: Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

Valore: Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Pressione massima: Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

Valore: Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -1.78679 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLU 3.

Spostamento estremo minimo -0.5956 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLU 3.

Spostamento estremo massimo 0.08396 al nodo di indice 33, di coordinate x = -1, y = -145, z = -30, nel contesto SLU 3.

Nodo Ind.	Pressione minima		Pressione massima			
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLU 1	0.06451	0.19354	SLU 3	0.08387	0.2516
	SLU 1	0.00038	0.00114	SLU 3	0.0005	0.00149
	SLU 3	-0.14631	-0.43894	SLU 1	-0.11255	-0.33764
	SLU 3	-0.28871	-0.86614	SLU 1	-0.22209	-0.66626
	SLU 3	-0.4186	-1.2558	SLU 1	-0.322	-0.966
	SLU 3	-0.5074	-1.52221	SLU 1	-0.39031	-1.17093
	SLU 3	-0.59087	-1.77262	SLU 1	-0.45452	-1.36356
	SLU 3	-0.59097	-1.77291	SLU 1	-0.45459	-1.36377
	SLU 3	-0.41952	-1.25855	SLU 1	-0.32271	-0.96812
	SLU 1	0.06398	0.19195	SLU 3	0.08318	0.24953
	SLU 1	0	0	SLU 1	0	0
	SLU 3	-0.59165	-1.77494	SLU 1	-0.45511	-1.36534
	SLU 3	-0.42229	-1.26688	SLU 1	-0.32484	-0.97452
	SLU 3	-0.28293	-0.84878	SLU 1	-0.21764	-0.65291
	SLU 3	-0.09999	-0.29998	SLU 1	-0.07692	-0.23075
	SLU 1	0.06307	0.18921	SLU 3	0.08199	0.24597
	SLU 3	-0.1792	-0.5376	SLU 1	-0.13785	-0.41354
	SLU 3	-0.50952	-1.52857	SLU 1	-0.39194	-1.17582
	SLU 3	-0.59306	-1.77919	SLU 1	-0.4562	-1.36861
	SLU 3	-0.26133	-0.78399	SLU 1	-0.20102	-0.60307
	SLU 1	0.0631	0.18931	SLU 3	0.08203	0.2461
	SLU 3	-0.06914	-0.20742	SLU 1	-0.05318	-0.15955
	SLU 3	-0.42183	-1.26548	SLU 1	-0.32448	-0.97344
	SLU 3	-0.59439	-1.78318	SLU 1	-0.45723	-1.37168
	SLU 3	-0.51066	-1.53198	SLU 1	-0.39281	-1.17844
	SLU 1	0.06405	0.19214	SLU 3	0.08326	0.24978
	SLU 1	0	0	SLU 1	0	0
	SLU 3	-0.42172	-1.26515	SLU 1	-0.3244	-0.97319
	SLU 1	0.06459	0.19376	SLU 3	0.08396	0.25189
	SLU 1	0.00037	0.00112	SLU 3	0.00049	0.00146
	SLU 3	-0.1466	-0.43981	SLU 1	-0.11277	-0.33832
	SLU 3	-0.29054	-0.87161	SLU 1	-0.22349	-0.67047
	SLU 3	-0.42179	-1.26538	SLU 1	-0.32446	-0.97337
	SLU 3	-0.51148	-1.53444	SLU 1	-0.39345	-1.18034
	SLU 3	-0.5956	-1.78679	SLU 1	-0.45815	-1.37446

8.7 Pressioni terreno in SLVf/SLUEcc

<<<<< lato Villar San costanzo

>>>>>> lato torrente

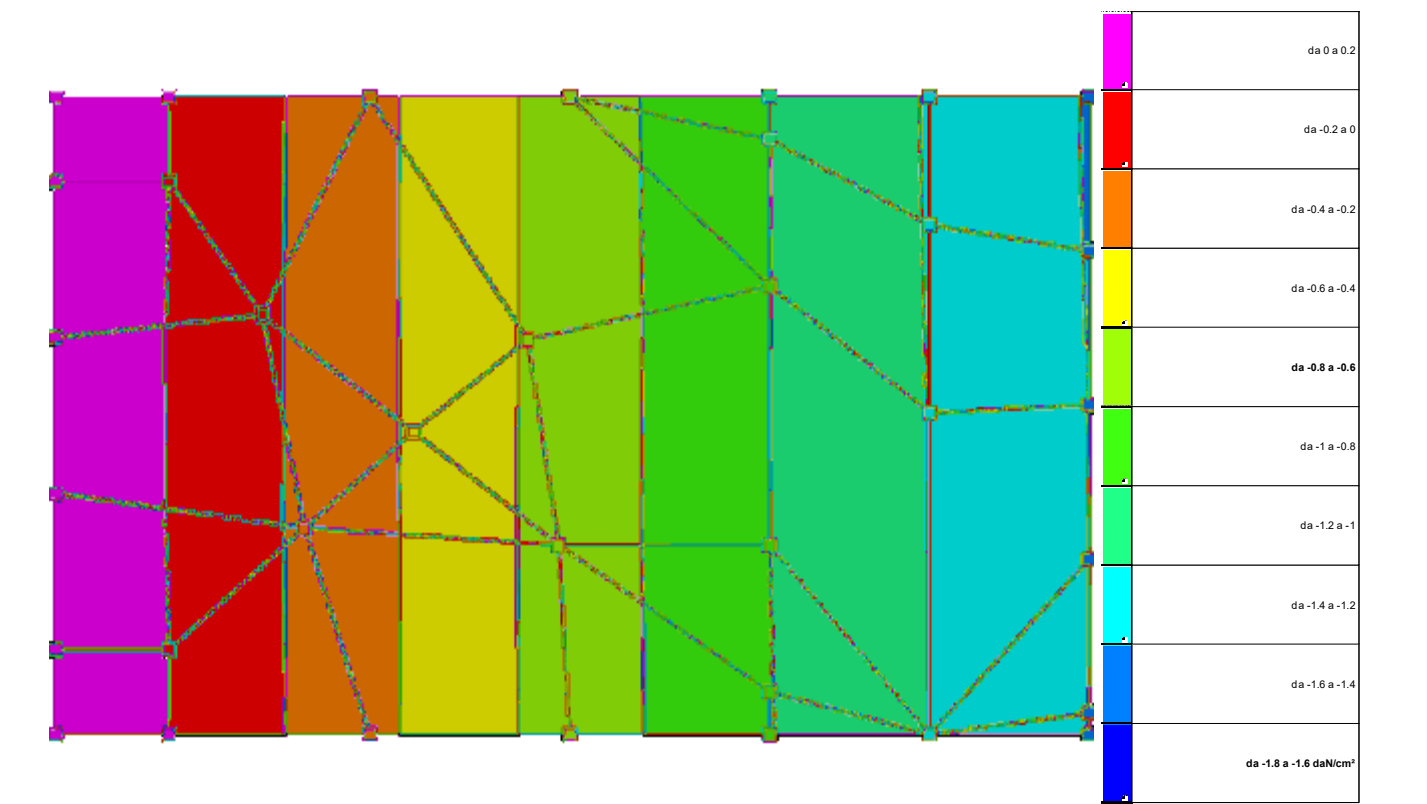


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLVf/SLUEcc.

- Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.
- Ind.:** Indice del nodo.
- Pressione minima:** Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.
- Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.
- uz:** Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]
- Valore:** Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]
- Pressione massima:** Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.
- Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.
- uz:** Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]
- Valore:** Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -1.41262 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLV fondazioni 15.
Spostamento estremo minimo -0.47087 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLV fondazioni 15.
Spostamento estremo massimo 0.06626 al nodo di indice 33, di coordinate x = -1, y = -145, z = -30, nel contesto SLV fondazioni 15.

Nodo		Pressione minima			Pressione massima		
Ind.	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore	
	SLV FO 3	0.06285	0.18854	SLV FO 13	0.06618	0.19853	
	SLV FO 5	0.00022	0.00065	SLV FO 11	0.00055	0.00164	
	SLV FO 13	-0.11577	-0.3473	SLV FO 3	-0.10933	-0.32799	
	SLV FO 13	-0.2285	-0.68551	SLV FO 3	-0.21567	-0.64701	
	SLV FO 13	-0.33129	-0.99388	SLV FO 3	-0.3127	-0.93811	
	SLV FO 13	-0.40133	-1.20398	SLV FO 3	-0.37929	-1.13788	
	SLV FO 13	-0.46711	-1.40134	SLV FO 3	-0.44192	-1.32577	
	SLV FO 13	-0.46708	-1.40124	SLV FO 3	-0.4421	-1.32631	
	SLV FO 13	-0.33183	-0.99549	SLV FO 3	-0.31358	-0.94074	
	SLV FO 3	0.06231	0.18694	SLV FO 13	0.06565	0.19696	
	SLV FO 1	0	0	SLV FO 1	0	0	
	SLV FO 13	-0.46684	-1.40051	SLV FO 3	-0.44339	-1.33017	
	SLV FO 13	-0.33325	-0.99975	SLV FO 3	-0.31643	-0.94929	
	SLV FO 13	-0.2233	-0.66991	SLV FO 3	-0.21197	-0.63591	
	SLV FO 13	-0.07887	-0.23661	SLV FO 3	-0.07496	-0.22489	
	SLV FO 3	0.06147	0.18441	SLV FO 13	0.06467	0.194	
	SLV FO 13	-0.14121	-0.42363	SLV FO 3	-0.13448	-0.40345	
	SLV FO 15	-0.4015	-1.20449	SLV FO 1	-0.38238	-1.14715	
	SLV FO 15	-0.46733	-1.40199	SLV FO 1	-0.44507	-1.33522	
	SLV FO 15	-0.20611	-0.61834	SLV FO 1	-0.19593	-0.5878	
	SLV FO 1	0.06151	0.18452	SLV FO 15	0.0647	0.1941	
	SLV FO 15	-0.05452	-0.16355	SLV FO 1	-0.05185	-0.15556	
	SLV FO 15	-0.33294	-0.99881	SLV FO 1	-0.31603	-0.94808	
	SLV FO 15	-0.46915	-1.40744	SLV FO 1	-0.4453	-1.33591	
	SLV FO 15	-0.4033	-1.20989	SLV FO 1	-0.38233	-1.147	
	SLV FO 1	0.06238	0.18713	SLV FO 15	0.06572	0.19715	
	SLV FO 1	0	0	SLV FO 1	0	0	
	SLV FO 15	-0.33356	-1.00069	SLV FO 1	-0.31523	-0.9457	
	SLV FO 1	0.06292	0.18875	SLV FO 15	0.06626	0.19877	
	SLV FO 7	0.00022	0.00065	SLV FO 9	0.00053	0.00159	
	SLV FO 15	-0.11599	-0.34798	SLV FO 1	-0.10955	-0.32866	
	SLV FO 15	-0.22994	-0.68983	SLV FO 1	-0.21704	-0.65111	
	SLV FO 15	-0.33383	-1.00148	SLV FO 1	-0.31509	-0.94526	
	SLV FO 15	-0.40459	-1.21377	SLV FO 1	-0.3823	-1.14691	
	SLV FO 15	-0.47087	-1.41262	SLV FO 1	-0.44543	-1.33629	

8.8 Pressioni terreno in SLE/SLD

<<<<< lato Villar San costanzo >>>>>> lato torrente

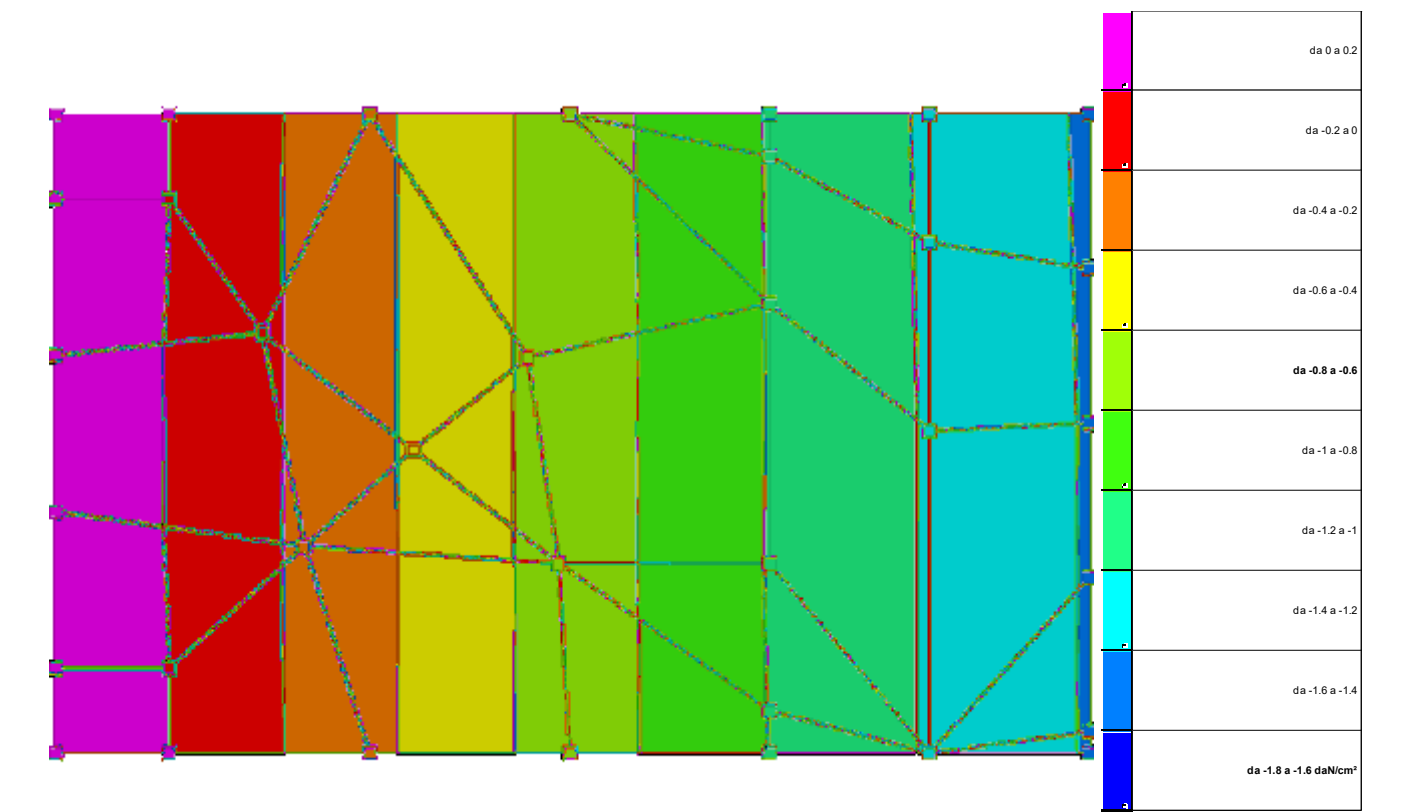


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLE/SLD.

- Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.
Ind.: Indice del nodo.
Pressione minima: Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.
Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.
uz: Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]
Valore: Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]
Pressione massima: Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.
Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.
uz: Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]
Valore: Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -1.42643 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLD 15.
Spostamento estremo minimo -0.47548 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLD 15.
Spostamento estremo massimo 0.06688 al nodo di indice 33, di coordinate x = -1, y = -145, z = -30, nel contesto SLD 15.

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLD 3	0.06222	0.18666	SLD 13	0.0668	0.20041
	SLD 5	0.00019	0.00057	SLD 11	0.00057	0.00172
	SLD 13	-0.11691	-0.35074	SLD 3	-0.10818	-0.32455
	SLD 13	-0.23078	-0.69233	SLD 3	-0.2134	-0.64019
	SLD 13	-0.33459	-1.00378	SLD 3	-0.30941	-0.92822
	SLD 13	-0.40528	-1.21585	SLD 3	-0.37534	-1.12602
	SLD 13	-0.47167	-1.41502	SLD 3	-0.43736	-1.31209
	SLD 13	-0.47162	-1.41487	SLD 3	-0.43756	-1.31268
	SLD 13	-0.33511	-1.00532	SLD 3	-0.31031	-0.93092
	SLD 3	0.06169	0.18506	SLD 13	0.06628	0.19884
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0
	SLD 13	-0.47127	-1.4138	SLD 3	-0.43896	-1.31688
	SLD 13	-0.33643	-1.00928	SLD 3	-0.31325	-0.93976
	SLD 13	-0.22544	-0.67631	SLD 3	-0.20984	-0.62951
	SLD 13	-0.07961	-0.23884	SLD 3	-0.07422	-0.22266
	SLD 3	0.06086	0.18257	SLD 13	0.06528	0.19584
	SLD 13	-0.14252	-0.42756	SLD 3	-0.13317	-0.39952
	SLD 15	-0.40523	-1.2157	SLD 1	-0.37865	-1.13594
	SLD 15	-0.47168	-1.41503	SLD 1	-0.44073	-1.32219
	SLD 15	-0.20806	-0.62418	SLD 1	-0.19399	-0.58196
	SLD 1	0.06089	0.18268	SLD 15	0.06531	0.19594
	SLD 15	-0.05502	-0.16507	SLD 1	-0.05134	-0.15403
	SLD 15	-0.33612	-1.00836	SLD 1	-0.31284	-0.93853
	SLD 15	-0.47362	-1.42086	SLD 1	-0.44083	-1.3225
	SLD 15	-0.40718	-1.22154	SLD 1	-0.37845	-1.13534
	SLD 1	0.06175	0.18525	SLD 15	0.06634	0.19903
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0
	SLD 15	-0.33685	-1.01056	SLD 1	-0.31194	-0.93583

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLD 1	0.06229	0.18687	SLD 15	0.06688	0.20065
	SLD 7	0.00019	0.00058	SLD 9	0.00056	0.00167
	SLD 15	-0.11714	-0.35141	SLD 1	-0.10841	-0.32522
	SLD 15	-0.23223	-0.69669	SLD 1	-0.21475	-0.64425
	SLD 15	-0.33715	-1.01145	SLD 1	-0.31176	-0.93529
	SLD 15	-0.40858	-1.22574	SLD 1	-0.37831	-1.13494
	SLD 15	-0.47548	-1.42643	SLD 1	-0.44083	-1.32248

8.10 Cedimenti fondazioni

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: Indice del nodo.

Spostamento nodale massimo: Situazione in cui si verifica lo spostamento massimo verticale nel nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento massimo con segno è quello con valore massimo lungo l'asse Z, dove valori positivi rappresentano spostamenti verso l'alto.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: Spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: Pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

Spostamento nodale minimo: Situazione in cui si verifica lo spostamento minimo verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento minimo con segno è quello con valore minimo lungo l'asse Z, dove valori negativi rappresentano spostamenti verso il basso.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: Spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: Pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

Cedimento elastico: Cedimento teorico elastico massimo.

Cont.: Nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico elastico massimo.

v.: Valore del cedimento teorico elastico massimo. [cm]

Cedimento edometrico: Cedimento teorico edometrico massimo.

Cont.: Nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico edometrico massimo.

v.: Valore del cedimento teorico edometrico massimo. [cm]

Cedimento di consolidazione: Cedimento teorico di consolidazione massimo.

Cont.: Nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico di consolidazione massimo.

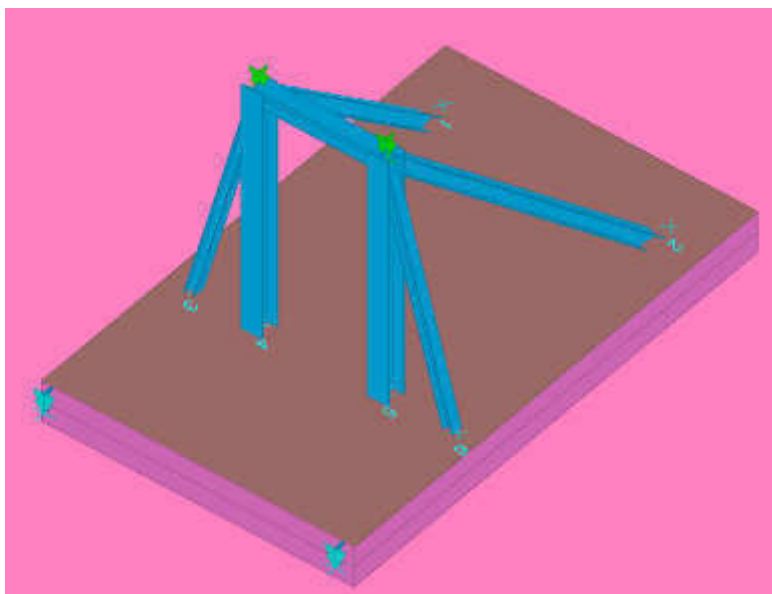
v.: Valore del cedimento teorico di consolidazione massimo. [cm]

Spostamento estremo minimo -0.47548 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -30, nel contesto SLD 15.

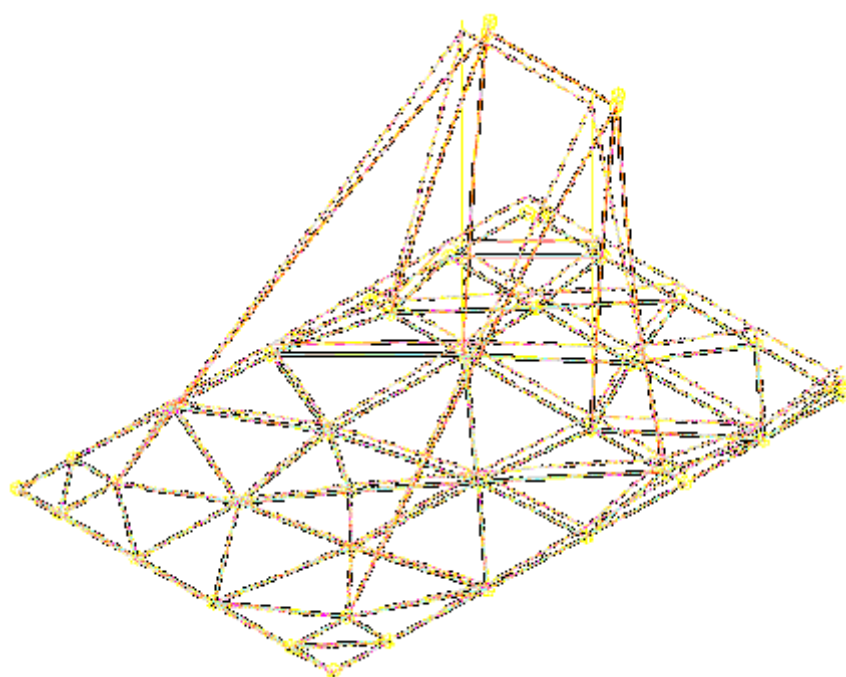
Spostamento estremo massimo 0.06688 al nodo di indice 33, di coordinate x = -1, y = -145, z = -30, nel contesto SLD 15.

Nodo Ind.	Spostamento nodale massimo			Spostamento nodale minimo			Cedimento elastico		Cedimento edometrico		Cedimento di consolidazione	
	Cont.	uz	Press.	Cont.	uz	Press.	Cont.	v.	Cont.	v.	Cont.	v.
	SLD 13	0.0668	0.20041	SLD 3	0.06222	0.18666						
	SLD 11	0.00057	0.00172	SLD 5	0.00019	0.00057						
	SLD 3	-0.10818	-0.32455	SLD 13	-0.11691	-0.35074						
	SLD 3	-0.2134	-0.64019	SLD 13	-0.23078	-0.69233						
	SLD 3	-0.30941	-0.92822	SLD 13	-0.33459	-1.00378						
	SLD 3	-0.37534	-1.12602	SLD 13	-0.40528	-1.21585						
	SLD 3	-0.43736	-1.31209	SLD 13	-0.47167	-1.41502						
	SLD 3	-0.43756	-1.31268	SLD 13	-0.47162	-1.41487						
	SLD 3	-0.31031	-0.93092	SLD 13	-0.33511	-1.00532						
	SLD 13	0.06628	0.19884	SLD 3	0.06169	0.18506						
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0						
	SLD 3	-0.43896	-1.31688	SLD 13	-0.47127	-1.4138						
	SLD 3	-0.31325	-0.93976	SLD 13	-0.33643	-1.00928						
	SLD 3	-0.20984	-0.62951	SLD 13	-0.22544	-0.67631						
	SLD 3	-0.07422	-0.22266	SLD 13	-0.07961	-0.23884						
	SLD 13	0.06528	0.19584	SLD 3	0.06086	0.18257						
	SLD 3	-0.13317	-0.39952	SLD 13	-0.14252	-0.42756						
	SLD 1	-0.37865	-1.13594	SLD 15	-0.40523	-1.2157						
	SLD 1	-0.44073	-1.32219	SLD 15	-0.47168	-1.41503						
	SLD 1	-0.19399	-0.58196	SLD 15	-0.20806	-0.62418						
	SLD 15	0.06531	0.19594	SLD 1	0.06089	0.18268						
	SLD 1	-0.05134	-0.15403	SLD 15	-0.05502	-0.16507						
	SLD 1	-0.31284	-0.93853	SLD 15	-0.33612	-1.00836						
	SLD 1	-0.44083	-1.3225	SLD 15	-0.47362	-1.42086						
	SLD 1	-0.37845	-1.13534	SLD 15	-0.40718	-1.22154						
	SLD 15	0.06634	0.19903	SLD 1	0.06175	0.18525						
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0						
	SLD 1	-0.31194	-0.93583	SLD 15	-0.33685	-1.01056						
	SLD 15	0.06688	0.20065	SLD 1	0.06229	0.18687						
	SLD 9	0.00056	0.00167	SLD 7	0.00019	0.00058						
	SLD 1	-0.10841	-0.32522	SLD 15	-0.11714	-0.35141						
	SLD 1	-0.21475	-0.64425	SLD 15	-0.23223	-0.69669						
	SLD 1	-0.31176	-0.93529	SLD 15	-0.33715	-1.01145						
	SLD 1	-0.37831	-1.13494	SLD 15	-0.40858	-1.22574						
	SLD 1	-0.44083	-1.32248	SLD 15	-0.47548	-1.42643						

Verifiche FONDAZIONE DI DESTRA



struttura



deformata

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

DA1.1 - Approccio 1:

- Combinazione 1: $(A1+M1+R1)$
- Combinazione 2: $(A2+M2+R2)$

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1: $(A1+M1+R3)$

Le seguenti verifiche delle fondazioni sono state condotte secondo l'approccio [2].

9.3 Verifiche piastre e pareti C.A.

nod.: nodo del modello FEM

sez.: tipo di sezione (o = orizzontale, v = verticale)

B: base della sezione

H: altezza della sezione

Aft+: area di acciaio dal lato B (inferiore per le piastre)

Af-: area di acciaio dal lato A (superiore per le piastre)

c+: copriferro dal lato B (inferiore per le piastre)

c-: copriferro dal lato A (superiore per le piastre)

sc: tensione sul calcestruzzo in esercizio

comb ; c: combinazione di carico

c.s.: coefficiente di sicurezza

N: sforzo normale di calcolo

M: momento flettente di calcolo

Mu: momento flettente ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

sf: tensione sull'acciaio in esercizio

Wk: apertura caratteristica delle fessure

Sm: distanza media fra le fessure

st: sigma a trazione nel calcestruzzo in condizioni non fessurate

fck: resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

gcd: resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

gcd: resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

Hcr: altezza critica

q.Hcr: *quota della sezione alla altezza critica

hw: altezza della parete

lw: lunghezza della parete

n.p.: numero di piani

hs: altezza dell'interpiano

Mxd: momento di progetto attorno all'asse x (fuori piano)

Myd: momento di progetto attorno all'asse y (nel piano)

NEd: sforzo normale di progetto

MEd: Momento flettente di progetto di progetto

VEd: sforzo di taglio di progetto

Ngrav.: sforzo normale dovuto ai carichi gravitazionali

NReale.: sforzo normale derivante dall'analisi

VRcd: resistenza a taglio dovuta alle bielle di calcestruzzo

epsilon: coefficiente di maggiorazione del taglio derivante dall'analisi

alfaS: $MEd/(VEd*lw)$ formula 7.4.15

At: area tesa di acciaio

roh: rapporto tra area della sezione orizzontale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

rov: rapporto tra area della sezione verticale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

VRsd: resistenza a taglio della sezione con armature

Somma(Asj)- Ai: somma delle aree delle barre verticali che attraversano la superficie di scorrimento

csi: altezza della parte compressa normalizzata all'altezza della sezione

Vdd: contributo dell'effetto spinotto delle armature verticali

Vfd: contributo della resistenza per attrito

Vid: contributo delle armature inclinate presenti alla base

VRd,s: valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento

M01: momento flettente inferiore per verifica instabilità

M02: momento flettente superiore per verifica instabilità

etot: eccentricità complessiva EC2 12.6.5.2 (12.12)

Fi: coefficiente riduttivo EC2 12.6.5.2 (12.11)

l0: lunghezza libera di inflessione

beta: coefficiente EC2 12.6.5.1 (12.9)

Nrd: resistenza di progetto EC2 12.6.5.2 (12.10)

l,lim: snellezza limite EC2 12.6.5.1 (4)

At: area di calcestruzzo del traverso in parete con blocco cassero in legno

Vr,cls: resistenza a taglio in assenza di armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno

Mu: momento resistente ultimo del singolo traverso in parete con blocco cassero in legno

Hp: resistenza a trazione dell'elemento teso in parete con blocco cassero in legno

R: fattore di efficienza in parete con blocco cassero in legno

Vr,s: contributo alla resistenza a taglio della armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno

Vrd: resistenza a taglio per trazione della diagonale in parete con blocco cassero in legno

l: luce netta della trave di collegamento

h: altezza della trave di collegamento

b: spessore della trave di collegamento

d: altezza utile della trave di collegamento

Asi: area complessiva della armatura a X

M,plast: momenti resistenti della trave a filo appoggio

T,plast: sforzi di taglio nella trave derivanti da gerarchia delle resistenze

N: fattore di capacità portante, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

S: fattore correttivo per la forma della fondazione, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

D: fattore correttivo per la profondità del piano di posa, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

I: fattore correttivo per l'inclinazione del carico, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

B: fattore correttivo per l'inclinazione del piano di posa, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

G: fattore correttivo per l'inclinazione del pendio, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

P: fattore correttivo per punzonamento del suolo, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

E: fattore correttivo per l'inerzia sismica del suolo, distinto nei 3 tipi (c, q, g)

Tipo: tipologia del fattore di portanza, per coesione (c), sovraccarico (q) o attrito (g)

Platea a "Fondazione"

Valori in daN, cm
 C25/30: rck 300
 fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
6	o	100	40	5.7	5.7	3.8	4.8	13.367	3 SLU	0	60319	0	806261
	v	50	40	5.7	5.7	3.8	4.8	1.399	3 SLU	0	549981	0	769314
15	o	100	40	11.3	11.3	5.0	6.0	5.169	3 SLU	0	290918	0	1503870
	v	100	40	11.3	11.3	3.8	4.8	1.390	3 SLU	0	1106538	0	1538628

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)
c 6	o	100	40	5.7	5.7	3.8	4.8	-3.8	1 ra	0.00E00	4.64E04	243.1	1 ra	0.00E00	4.64E04	0.00999.00	1.7	0.0	1
	v	50	40	5.7	5.7	3.8	4.8	-49.0	1 ra	0.00E00	4.23E05	2361.6	1 ra	0.00E00	4.23E05	0.00999.00	29.7	0.0	1
ra 15	o	100	40	11.3	11.3	5.0	6.0	-14.1	1 ra	0.00E00	2.24E05	650.5	1 ra	0.00E00	2.24E05	0.00999.00	7.9	0.0	1
	v	100	40	11.3	11.3	3.8	4.8	-49.3	1 ra	0.00E00	8.51E05	2375.7	1 ra	0.00E00	8.51E05	0.00999.00	29.9	0.0	1

Combinazione frequente

	nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	
c	6	o	100	40	5.7	5.7	3.8	4.8	-3.8	1 fr	0.00E00	4.64E04	243.1	1 fr	0.00E00	4.64E04	0.00	0.40	1.7	0.0	1
fr		v	50	40	5.7	5.7	3.8	4.8	-49.0	1 fr	0.00E00	4.23E05	2361.6	1 fr	0.00E00	4.23E05	0.00	0.40	29.7	0.0	1
fr	15	o	100	40	11.3	11.3	5.0	6.0	-14.1	1 fr	0.00E00	2.24E05	650.5	1 fr	0.00E00	2.24E05	0.00	0.40	7.9	0.0	1
fr		v	100	40	11.3	11.3	3.8	4.8	-49.3	1 fr	0.00E00	8.51E05	2375.7	1 fr	0.00E00	8.51E05	0.00	0.40	29.9	0.0	1
fr																					

Combinazione quasi permanente

	nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	
c	6	o	100	40	5.7	5.7	3.8	4.8	-3.8	1 q.	0.00E00	4.64E04	243.1	1 q.	0.00E00	4.64E04	0.00	0.30	1.7	0.0	1
q.		v	50	40	5.7	5.7	3.8	4.8	-49.0	1 q.	0.00E00	4.23E05	2361.6	1 q.	0.00E00	4.23E05	0.00	0.30	29.7	0.0	1
q.	15	o	100	40	11.3	11.3	5.0	6.0	-14.1	1 q.	0.00E00	2.24E05	650.5	1 q.	0.00E00	2.24E05	0.00	0.30	7.9	0.0	1
q.		v	100	40	11.3	11.3	3.8	4.8	-49.3	1 q.	0.00E00	8.51E05	2375.7	1 q.	0.00E00	8.51E05	0.00	0.30	29.9	0.0	1
q.																					

Verifiche geotecniche

Dati geometrici dell'impronta di calcolo
 Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente
 Coordinata X del centro impronta: 242
 Coordinata Y del centro impronta: -295
 Coordinata Z del centro impronta: -40
 Lato minore B dell'impronta: 300
 Lato maggiore L dell'impronta: 485
 Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 145500

Verifica di scorrimento sul piano di posa - Combinazioni non sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 3
 Verifica condotta in condizioni non drenate (a breve termine)
 Forza risultante agente in direzione x: 84640.4
 Forza risultante agente in direzione y: 0
 Forza risultante agente in direzione z: -80125.38
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 46.57
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0
 Adesione di progetto: .31
 Azione di progetto (risultante del carico tangenziale al piano di posa): 84640.4
 Resistenza di progetto: 7.44 daN/cm2 = 1.082.520,00 daN (vedasi anche Relazione Geologico)
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
 Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 5.87 (verificato)

Verifica di scorrimento sul piano di posa - Combinazioni sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 15
 Verifica condotta in condizioni non drenate (a breve termine)
 Forza risultante agente in direzione x: 66752.93
 Forza risultante agente in direzione y: 433.3
 Forza risultante agente in direzione z: -63138.71
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 46.59
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0.39
 Adesione di progetto: .31
 Azione di progetto (risultante del carico tangenziale al piano di posa): 66754.33
 Resistenza di progetto: 41004.55
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 1.1
 Coefficiente di sicurezza normalizzato ks min (Rd/Ed): 0.61***

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Combinazioni non sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 3

Verifica condotta in condizioni non drenate (a breve termine)
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -80125.38
Resistenza di progetto: 1596.19
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato k_p min (Rd/Ed): 0.02***

Parametri utilizzati nel calcolo:
Forza risultante agente in direzione x: 84640.4
Forza risultante agente in direzione y: 0
Forza risultante agente in direzione z: -80125.38
Momento agente in direzione x: -18290.98
Momento agente in direzione y: 9683973.34
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 46.57
Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0
Eccentricità del carico in direzione x: 120.86
Eccentricità del carico in direzione y: -0.23
Impronta al suolo (BxL): 485 x 300
Larghezza efficace ($B'=B-2\cdot e$): 243.28
Lunghezza efficace ($L'=L-2\cdot e$): 299.54
Coesione di progetto: .31

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	P	E	Tipo
5.14	0.16	0.00	1.13	0.00	0.00	1.00	0.00	Coesione
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Sovraccarico
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Attrito

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Combinazioni sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 15
Verifica condotta in condizioni non drenate (a breve termine)
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -63138.71
Resistenza di progetto: 7.44 daN/cm² = 1.082.520,00 daN (vedasi anche Relazione Geologico)
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato k_p min (Rd/Ed): 7.45 (verificato)

Parametri utilizzati nel calcolo:
Forza risultante agente in direzione x: 66752.93
Forza risultante agente in direzione y: 433.3
Forza risultante agente in direzione z: -63138.71
Momento agente in direzione x: -65565.11
Momento agente in direzione y: 7632006.48
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 46.59
Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0.39
Eccentricità del carico in direzione x: 120.88
Eccentricità del carico in direzione y: -1.04
Impronta al suolo (BxL): 485 x 300
Larghezza efficace ($B'=B-2\cdot e$): 243.25
Lunghezza efficace ($L'=L-2\cdot e$): 297.92
Coesione di progetto: .31
Accelerazione normalizzata massima al suolo: .05

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	P	E	Tipo
5.14	0.16	0.00	0.90	0.00	0.00	1.00	0.00	Coesione
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Sovraccarico
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	Attrito

9.4 Pressioni terreno in SLU

<<<<< lato fr. Monastero >>>>>> lato torrente

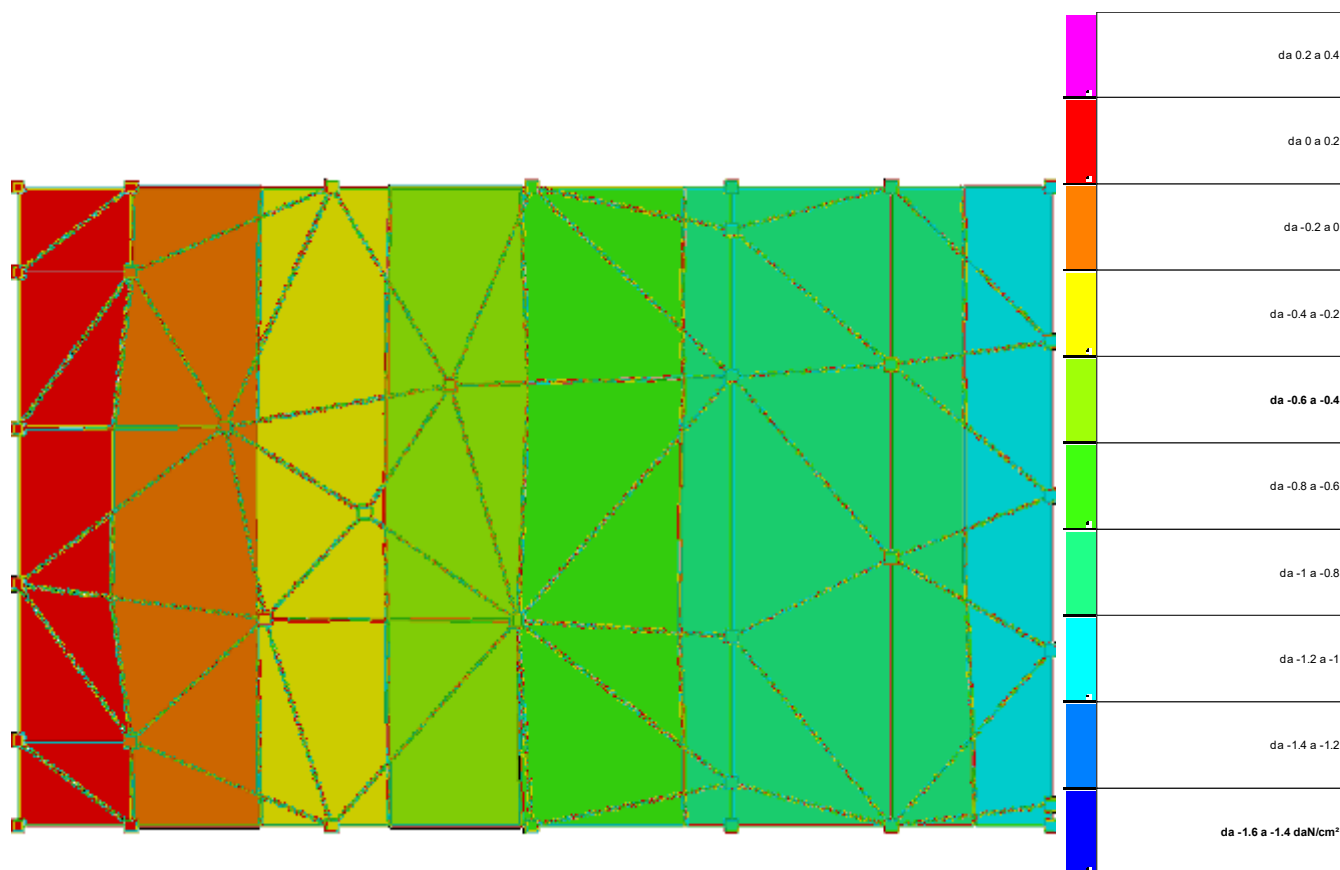


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

9.6 Pressioni terreno

<<<<< lato fr. Monastero

>>>>>> lato torrente

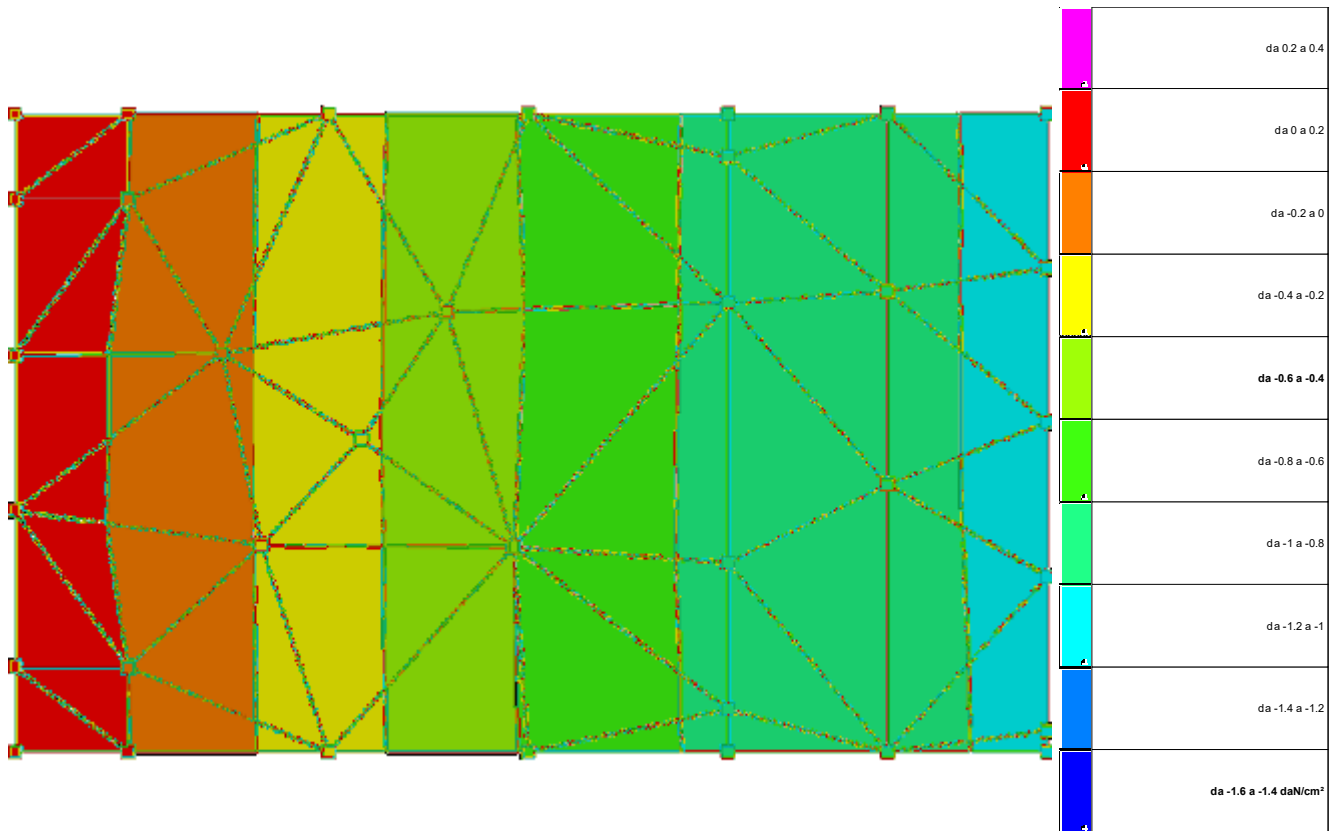


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno con inviluppi predefiniti.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: Indice del nodo.

Pressione minima: Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

Valore: Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Pressione massima: Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

Valore: Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -1.04291 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLU 3.

Spostamento estremo minimo -0.34764 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLU 3.

Spostamento estremo massimo 0.0599 al nodo di indice 2, di coordinate x = -1, y = -445, z = -20, nel contesto SLU 3.

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLU 1	0.04607	0.13822	SLU 3	0.0599	0.17969
	SLU 1	0.00084	0.00252	SLU 3	0.00109	0.00327
	SLU 3	-0.10401	-0.31203	SLU 1	-0.08001	-0.24003
	SLU 3	-0.20537	-0.61612	SLU 1	-0.15798	-0.47394
	SLU 3	-0.28501	-0.85503	SLU 1	-0.21924	-0.65772
	SLU 3	-0.32056	-0.96169	SLU 1	-0.24659	-0.73976
	SLU 3	-0.34515	-1.03545	SLU 1	-0.2655	-0.7965
	SLU 3	-0.34519	-1.03556	SLU 1	-0.26553	-0.79659
	SLU 3	-0.28594	-0.85781	SLU 1	-0.21995	-0.65985
	SLU 1	0.04507	0.1352	SLU 3	0.05859	0.17577
	SLU 1	0	0	SLU 1	0	0
	SLU 3	-0.34579	-1.03738	SLU 1	-0.26599	-0.79798
	SLU 3	-0.28813	-0.86438	SLU 1	-0.22164	-0.66491
	SLU 3	-0.19967	-0.59901	SLU 1	-0.15359	-0.46078
	SLU 3	-0.07093	-0.21278	SLU 1	-0.05456	-0.16368
	SLU 1	0.0433	0.12989	SLU 3	0.05629	0.16886
	SLU 3	-0.3224	-0.96719	SLU 1	-0.248	-0.74399
	SLU 3	-0.12307	-0.36922	SLU 1	-0.09467	-0.28402
	SLU 3	-0.34626	-1.03877	SLU 1	-0.26635	-0.79906
	SLU 1	0.0433	0.1299	SLU 3	0.05629	0.16888
	SLU 3	-0.05088	-0.15265	SLU 1	-0.03914	-0.11742
	SLU 3	-0.16656	-0.49968	SLU 1	-0.12812	-0.38437
	SLU 3	-0.28713	-0.8614	SLU 1	-0.22087	-0.66261
	SLU 3	-0.32241	-0.96722	SLU 1	-0.248	-0.74401
	SLU 3	-0.3469	-1.0407	SLU 1	-0.26685	-0.80054
	SLU 1	0.04504	0.13511	SLU 3	0.05855	0.17565
	SLU 1	0	0	SLU 1	0	0
	SLU 3	-0.28591	-0.85774	SLU 1	-0.21993	-0.6598
	SLU 1	0.04607	0.1382	SLU 3	0.05989	0.17966
	SLU 1	0.0009	0.00271	SLU 3	0.00118	0.00353
	SLU 3	-0.10359	-0.31077	SLU 1	-0.07968	-0.23905
	SLU 3	-0.205	-0.61499	SLU 1	-0.15769	-0.47307
	SLU 3	-0.28544	-0.85631	SLU 1	-0.21957	-0.6587
	SLU 3	-0.32189	-0.96568	SLU 1	-0.24761	-0.74283
	SLU 3	-0.34764	-1.04291	SLU 1	-0.26741	-0.80223

9.7 Pressioni terreno in SLVf/SLUEcc

<<<<< lato fr. Monastero >>>>>> lato torrente

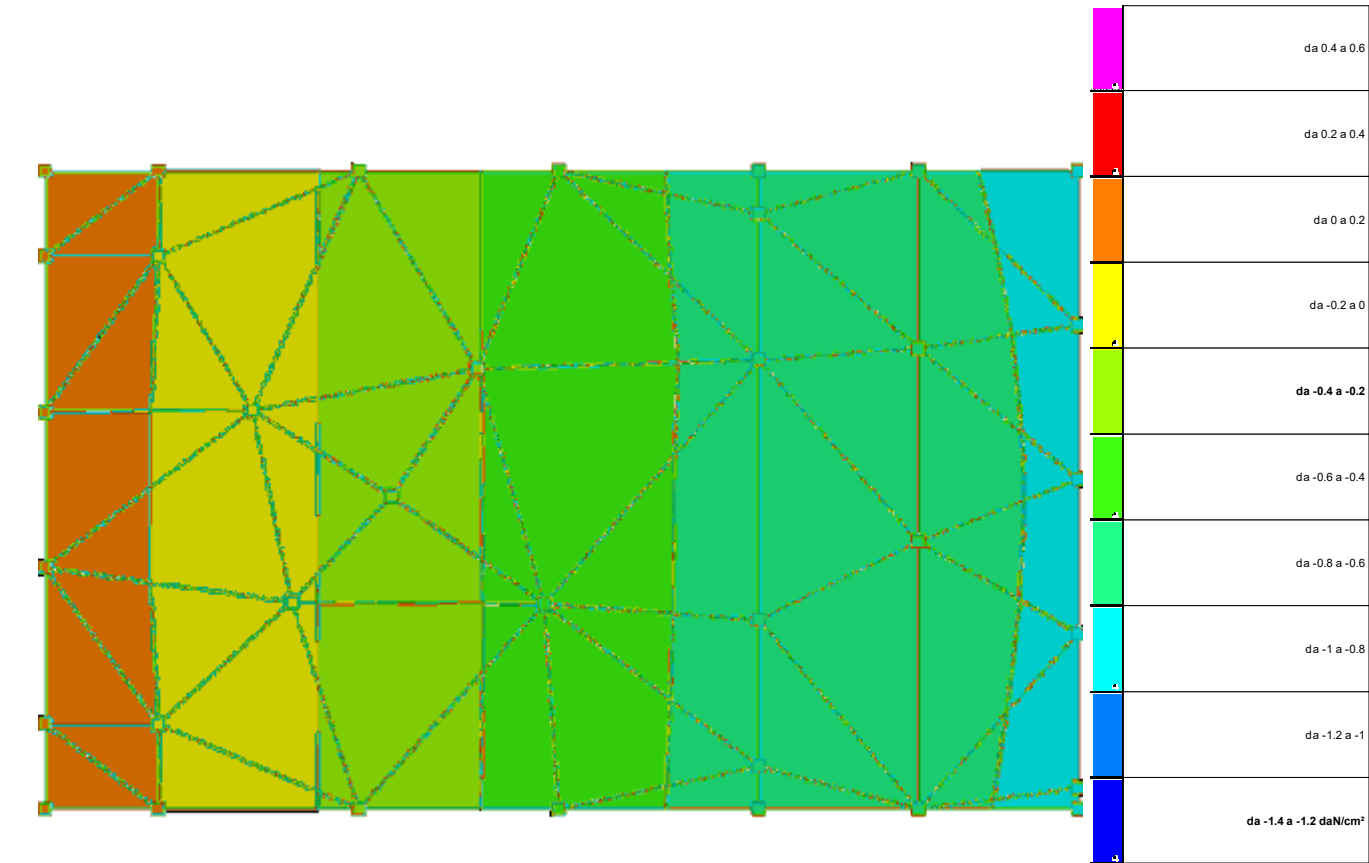


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLVf/SLUEcc.

- Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.
Ind.: Indice del nodo.
Pressione minima: Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.
Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.
uz: Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]
Valore: Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]
Pressione massima: Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.
Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.
uz: Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]
Valore: Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -0.83769 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 11.
Spostamento estremo minimo -0.27923 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 11.
Spostamento estremo massimo 0.04739 al nodo di indice 2, di coordinate x = -1, y = -445, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 13.

Nodo	Pressione minima			Pressione massima		
Ind.	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLV FO 3	0.04476	0.13428	SLV FO 13	0.04739	0.14217
	SLV FO 5	0.00057	0.00172	SLV FO 11	0.00111	0.00332
	SLV FO 9	-0.08359	-0.25077	SLV FO 7	-0.07643	-0.22928
	SLV FO 9	-0.16543	-0.4963	SLV FO 7	-0.15053	-0.45158
	SLV FO 9	-0.23	-0.68999	SLV FO 7	-0.20848	-0.62544
	SLV FO 9	-0.25801	-0.77403	SLV FO 7	-0.23517	-0.7055
	SLV FO 9	-0.27713	-0.83138	SLV FO 7	-0.25387	-0.76162
	SLV FO 9	-0.27649	-0.82946	SLV FO 7	-0.25457	-0.76371
	SLV FO 9	-0.22941	-0.68824	SLV FO 7	-0.21049	-0.63147
	SLV FO 3	0.04375	0.13125	SLV FO 13	0.04638	0.13915
	SLV FO 1	0	0	SLV FO 1	0	0
	SLV FO 13	-0.2737	-0.82109	SLV FO 3	-0.25829	-0.77487
	SLV FO 13	-0.22806	-0.68417	SLV FO 3	-0.21521	-0.64564
	SLV FO 13	-0.15795	-0.47386	SLV FO 3	-0.14923	-0.4477
	SLV FO 13	-0.05604	-0.16811	SLV FO 3	-0.05308	-0.15925
	SLV FO 3	0.04212	0.12636	SLV FO 13	0.04448	0.13343
	SLV FO 13	-0.25447	-0.76342	SLV FO 3	-0.24152	-0.72457
	SLV FO 13	-0.09697	-0.29092	SLV FO 3	-0.09237	-0.27711
	SLV FO 15	-0.27289	-0.81868	SLV FO 1	-0.25981	-0.77943
	SLV FO 1	0.04212	0.12637	SLV FO 15	0.04448	0.13344
	SLV FO 15	-0.04013	-0.1204	SLV FO 1	-0.03815	-0.11444
	SLV FO 15	-0.13175	-0.39526	SLV FO 1	-0.12449	-0.37348
	SLV FO 15	-0.22729	-0.68186	SLV FO 1	-0.21446	-0.64337
	SLV FO 15	-0.25531	-0.76592	SLV FO 1	-0.2407	-0.7221
	SLV FO 15	-0.27481	-0.82442	SLV FO 1	-0.25888	-0.77665
	SLV FO 1	0.04372	0.13117	SLV FO 15	0.04635	0.13906
	SLV FO 1	0	0	SLV FO 1	0	0
	SLV FO 11	-0.22946	-0.68838	SLV FO 5	-0.21041	-0.63123
	SLV FO 1	0.04475	0.13426	SLV FO 15	0.04738	0.14214

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLV FO 7	0.00063	0.00189	SLV FO 9	0.00118	0.00353
	SLV FO 11	-0.08326	-0.24978	SLV FO 5	-0.07611	-0.22833
	SLV FO 11	-0.16513	-0.49539	SLV FO 5	-0.15025	-0.45075
	SLV FO 11	-0.23041	-0.69122	SLV FO 5	-0.20872	-0.62617
	SLV FO 11	-0.25919	-0.77757	SLV FO 5	-0.23603	-0.70809
	SLV FO 11	-0.27923	-0.83769	SLV FO 5	-0.25559	-0.76677

9.8 Pressioni terreno in SLE/SLD

<<<<< lato fr. Monastero >>>>>> lato torrente

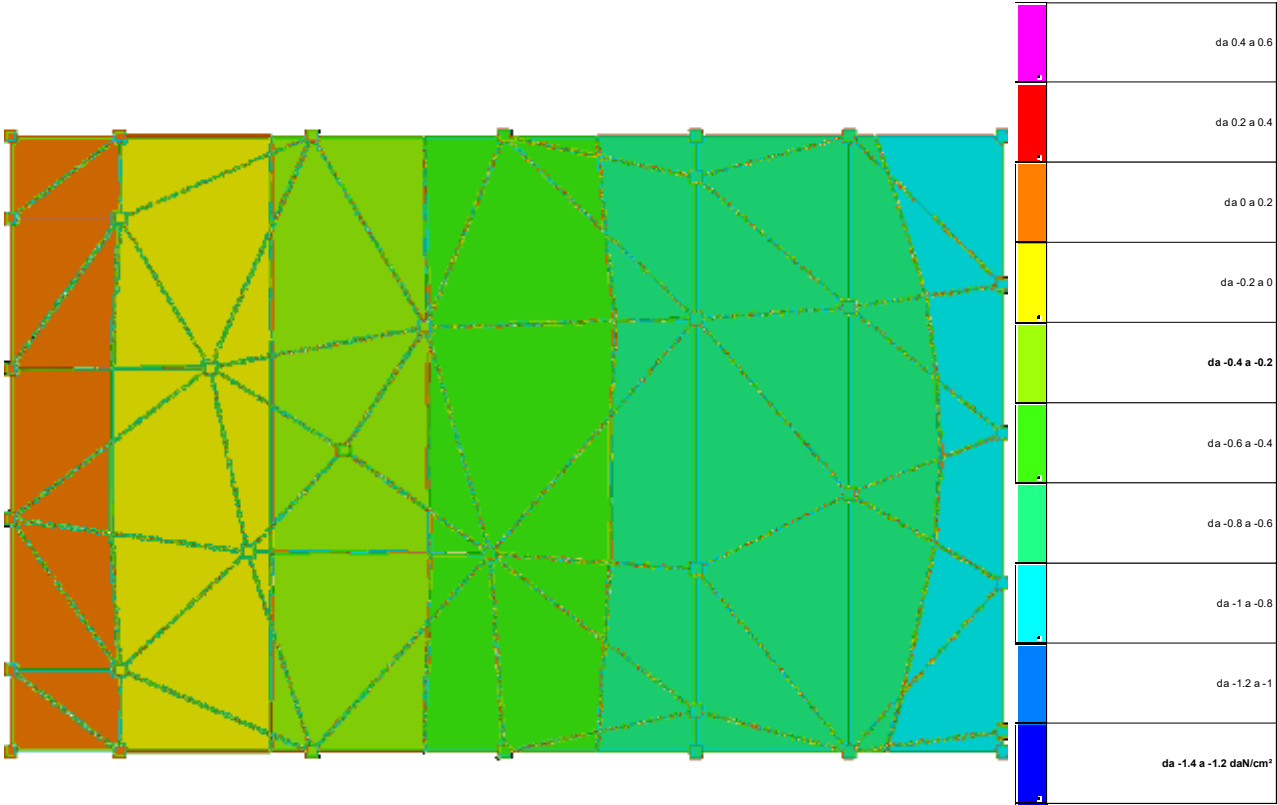


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLE/SLD.

- Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.
Ind.: Indice del nodo.
Pressione minima: Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.
Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.
uz: Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]
Valore: Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]
Pressione massima: Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.
Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.
uz: Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]
Valore: Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -0.85036 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLD 11.
Spostamento estremo minimo -0.28345 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLD 11.
Spostamento estremo massimo 0.04767 al nodo di indice 2, di coordinate x = -1, y = -445, z = -20, nel contesto SLD 13.

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLD 3	0.04448	0.13343	SLD 13	0.04767	0.14301
	SLD 5	0.00047	0.0014	SLD 11	0.00121	0.00363
	SLD 9	-0.08487	-0.25462	SLD 7	-0.07515	-0.22544
	SLD 9	-0.16811	-0.50432	SLD 7	-0.14785	-0.44355
	SLD 9	-0.23387	-0.70161	SLD 7	-0.20461	-0.61383
	SLD 9	-0.26221	-0.78631	SLD 7	-0.23107	-0.69322
	SLD 9	-0.28127	-0.84381	SLD 7	-0.24973	-0.74919
	SLD 9	-0.28037	-0.84112	SLD 7	-0.25068	-0.75205
	SLD 9	-0.23278	-0.69833	SLD 7	-0.20713	-0.62138
	SLD 3	0.04347	0.1304	SLD 13	0.04667	0.14001
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0
	SLD 13	-0.27535	-0.82605	SLD 3	-0.25664	-0.76991
	SLD 13	-0.22942	-0.68825	SLD 3	-0.21385	-0.64156
	SLD 13	-0.15887	-0.4766	SLD 3	-0.14832	-0.44495
	SLD 13	-0.05634	-0.16902	SLD 3	-0.05278	-0.15834
	SLD 3	0.04188	0.12565	SLD 13	0.04471	0.13413
	SLD 13	-0.25573	-0.76718	SLD 3	-0.24027	-0.72081
	SLD 13	-0.09739	-0.29218	SLD 3	-0.09195	-0.27585
	SLD 15	-0.27409	-0.82227	SLD 1	-0.25861	-0.77584
	SLD 1	0.04189	0.12567	SLD 15	0.04471	0.13414
	SLD 15	-0.04033	-0.12098	SLD 1	-0.03795	-0.11386

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
	SLD 15	-0.13252	-0.39755	SLD 1	-0.12373	-0.37119
	SLD 15	-0.22865	-0.68595	SLD 1	-0.21309	-0.63928
	SLD 15	-0.25688	-0.77065	SLD 1	-0.23912	-0.71737
	SLD 15	-0.27656	-0.82967	SLD 1	-0.25713	-0.7714
	SLD 1	0.04344	0.13031	SLD 15	0.04664	0.13991
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0
	SLD 11	-0.23285	-0.69854	SLD 5	-0.20702	-0.62107
	SLD 1	0.04447	0.13342	SLD 15	0.04766	0.14299
	SLD 7	0.00052	0.00157	SLD 9	0.00129	0.00386
	SLD 11	-0.08454	-0.25362	SLD 5	-0.07483	-0.22449
	SLD 11	-0.1678	-0.5034	SLD 5	-0.14758	-0.44274
	SLD 11	-0.23431	-0.70294	SLD 5	-0.20482	-0.61445
	SLD 11	-0.26334	-0.79003	SLD 5	-0.23188	-0.69563
	SLD 11	-0.28345	-0.85036	SLD 5	-0.25137	-0.75411

9.10 Cedimenti fondazioni

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: Indice del nodo.

Spostamento nodale massimo: Situazione in cui si verifica lo spostamento massimo verticale nel nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento massimo con segno è quello con valore massimo lungo l'asse Z, dove valori positivi rappresentano spostamenti verso l'alto.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: Spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: Pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

Spostamento nodale minimo: Situazione in cui si verifica lo spostamento minimo verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento minimo con segno è quello con valore minimo lungo l'asse Z, dove valori negativi rappresentano spostamenti verso il basso.

Cont.: Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: Spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: Pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

Cedimento elastico: Cedimento teorico elastico massimo.

Cont.: Nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico elastico massimo.

v.: Valore del cedimento teorico elastico massimo. [cm]

Cedimento edometrico: Cedimento teorico edometrico massimo.

Cont.: Nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico edometrico massimo.

v.: Valore del cedimento teorico edometrico massimo. [cm]

Cedimento di consolidazione: Cedimento teorico di consolidazione massimo.

Cont.: Nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico di consolidazione massimo.

v.: Valore del cedimento teorico di consolidazione massimo. [cm]

Spostamento estremo minimo -0.28345 al nodo di indice 39, di coordinate x = 484, y = -145, z = -20, nel contesto SLD 11.

Spostamento estremo massimo 0.04767 al nodo di indice 2, di coordinate x = -1, y = -445, z = -20, nel contesto SLD 13.

Nodo Ind.	Spostamento nodale massimo			Spostamento nodale minimo			Cedimento elastico		Cedimento edometrico		Cedimento di consolidazione	
	Cont.	uz	Press.	Cont.	uz	Press.	Cont.	v.	Cont.	v.	Cont.	v.
	SLD 13	0.04767	0.14301	SLD 3	0.04448	0.13343						
	SLD 11	0.00121	0.00363	SLD 5	0.00047	0.0014						
	SLD 7	-0.07515	-0.22544	SLD 9	-0.08487	-0.25462						
	SLD 7	-0.14785	-0.44355	SLD 9	-0.16811	-0.50432						
	SLD 7	-0.20461	-0.61383	SLD 9	-0.23387	-0.70161						
	SLD 7	-0.23107	-0.69322	SLD 9	-0.2621	-0.78631						
	SLD 7	-0.24973	-0.74919	SLD 9	-0.28127	-0.84381						
	SLD 7	-0.25068	-0.75205	SLD 9	-0.28037	-0.84112						
	SLD 7	-0.20713	-0.62138	SLD 9	-0.23278	-0.69833						
	SLD 13	0.04667	0.14001	SLD 3	0.04347	0.1304						
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0						
	SLD 3	-0.25664	-0.76991	SLD 13	-0.27535	-0.82605						
	SLD 3	-0.21385	-0.64156	SLD 13	-0.22942	-0.68825						
	SLD 3	-0.14832	-0.44495	SLD 13	-0.15887	-0.4766						
	SLD 3	-0.05278	-0.15834	SLD 13	-0.05634	-0.16902						
	SLD 13	0.04471	0.13413	SLD 3	0.04188	0.12565						
	SLD 3	-0.24027	-0.72081	SLD 13	-0.25573	-0.76718						
	SLD 3	-0.09195	-0.27585	SLD 13	-0.09739	-0.29218						
	SLD 1	-0.25861	-0.77584	SLD 15	-0.27409	-0.82227						
	SLD 15	0.04471	0.13414	SLD 1	0.04189	0.12567						
	SLD 1	-0.03795	-0.11386	SLD 15	-0.04033	-0.12098						
	SLD 1	-0.12373	-0.37119	SLD 15	-0.13252	-0.39755						
	SLD 1	-0.21309	-0.63928	SLD 15	-0.22865	-0.68595						
	SLD 1	-0.23912	-0.71737	SLD 15	-0.25688	-0.77065						
	SLD 1	-0.25713	-0.7714	SLD 15	-0.27656	-0.82967						
	SLD 15	0.04664	0.13991	SLD 1	0.04344	0.13031						
	SLE RA 1	0	0	SLE RA 1	0	0						
	SLD 5	-0.20702	-0.62107	SLD 11	-0.23285	-0.69854						
	SLD 15	0.04766	0.14299	SLD 1	0.04447	0.13342						
	SLD 9	0.00129	0.00386	SLD 7	0.00052	0.00157						
	SLD 5	-0.07483	-0.22449	SLD 11	-0.08454	-0.25362						
	SLD 5	-0.14758	-0.44274	SLD 11	-0.1678	-0.5034						
	SLD 5	-0.20482	-0.61445	SLD 11	-0.23431	-0.70294						
	SLD 5	-0.23188	-0.69563	SLD 11	-0.26334	-0.79003						
	SLD 5	-0.25137	-0.75411	SLD 11	-0.28345	-0.85036						

9) Tiranti di ancoraggio in roccia

9.1)

Il contrasto delle azioni indotte dai cavi di sostegno del ponte su ogni lato della passerella viene realizzato con le due “saette-tiranti” HEA140, le quali scaricano in fondazione una “trazione” pari a:

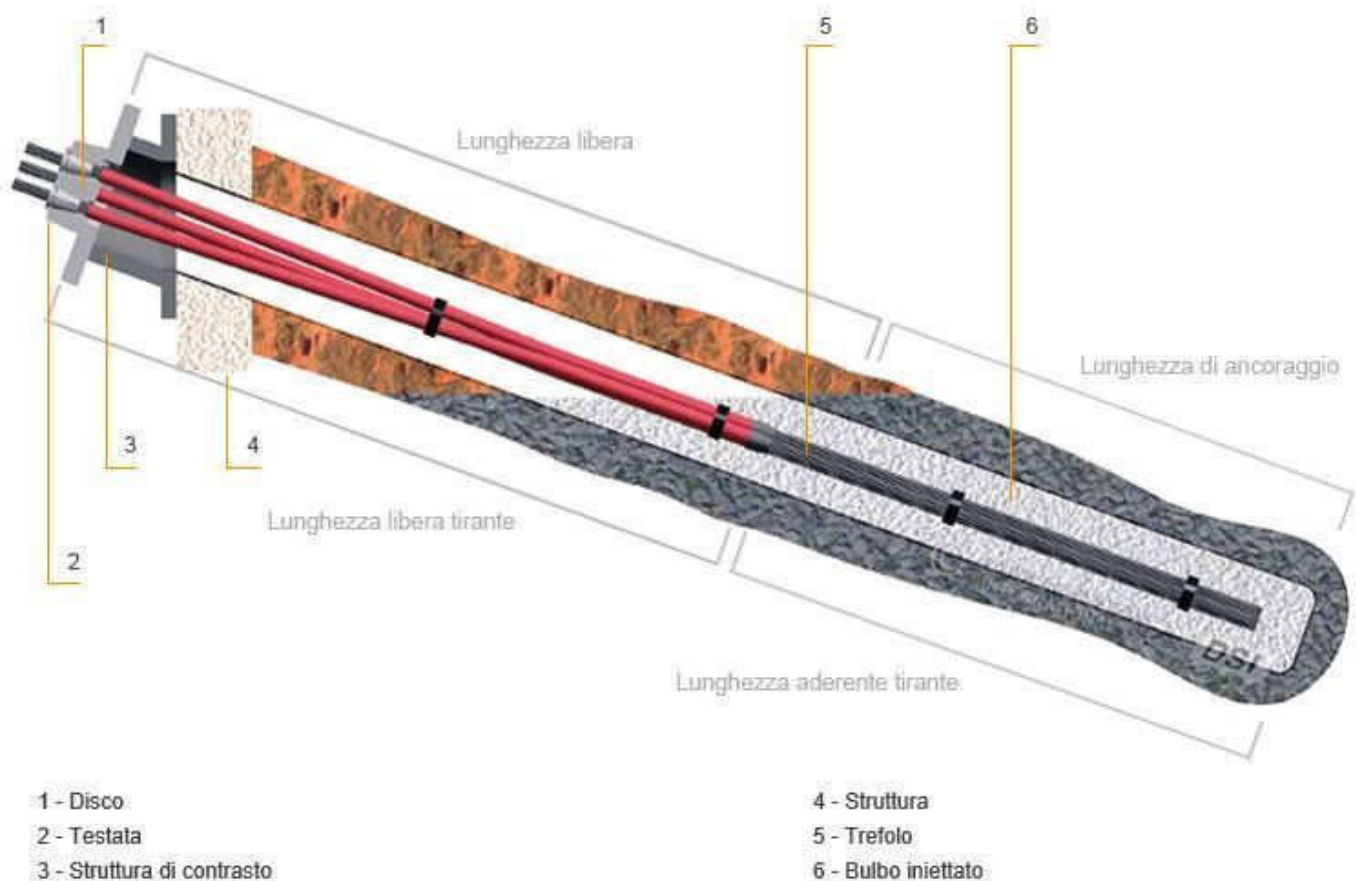
– trazione $N_t = 53530.0 \text{ daN} = 535300 \text{ N} = 535.3 \text{ KN} = 60.2 \text{ tonnellate}$

tale valore è il maggiore tra quelli che si hanno nelle varie combinazioni di carico sui “tiranti-saette” delle due strutture di sostegno della passerella sulle sue sponde calcolato in sollecitazione sismica nelle verifiche strutturali del ponte (Fascicolo dei calcoli delle strutture allegato al progetto).

La fondazione è quindi ancorata al terreno di fondazione con due “tiranti di ancoraggio” realizzati nel substrato di conglomerato naturale (roccia).

Per evitare deformazioni della fondazione in attività i tiranti verranno sottoposti ad un pre-tensionamento di 10 tonnellate.

I “tiranti di ancoraggio” vengono costruiti mediante:



- Foro in roccia con roto-percussione diametro 12.0 cm
- Inserimento di 4 trefoli di acciaio da c.a.p., muniti di dispositivi distanziatori che permettano il centraggio continuo delle barre in asse foro. Iniezione di malta fluida di cemento.

I trefoli hanno le seguenti caratteristiche:

- Acciaio Tensione di snervamento f_{yk} minimo 1670 N/mm^2
- I Trefoli sono protetti con guaina liscia anticorrosione nel tratto non in roccia.
- Il tirante deve garantire una capacità portante di 60 tonnellate minima
- Diametro minimo singolo trefolo 15.3 mm – Snervamento 218 KN
- Snervamento 4 trefoli insieme: 991 KN

9.2)

9.3)

VERIFICA DELL'ANCORAGGIO IN ROCCIA

Il bulbo di ancoraggio, cioè il tratto considerato ancorato, è lungo 700 cm.

VERIFICA DI NORMA:

La normativa italiana delle NTC DM 14-01-2008, Capitolo 6.6, assimila il calcolo dei tiranti a quello dei pali.

Nel nostro caso si tratta di tirante permanente.

Verifica di sicurezza SLU (paragr. 6.6.2 NTC)

Combinazione di verifica: A1 + M1 + R3 >>> Approccio 2

La sollecitazione Ed determinata in STR (A1 per la tabella 6.2.I delle NTC) nel precedente paragrafo 9.2 è ridondante rispetto alla verifica in GEO (A2 per la tabella 6.2.I), perché i coefficienti parziali γ STR sono tutti superiori o uguali ai coefficienti GEO.

Quindi:

Ed = sollecitazione di calcolo = Nt = 535.3 KN = 535300 N

Resistenza di Progetto GEO:

La resistenza di progetto GEO Ra,d del tirante è data da:

$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_R$

Con Ra,k resistenza caratteristica e γ_R coefficiente di sicurezza parziale (tabella 6.6.I di NTC 2008).

γ_R = coeff. parziale = 1.2 per opere permanenti

Resistenza allo sfilamento

La resistenza allo sfilamento di un tirante può essere calcolata con le relazioni di Schneebeli.

Schneebeli

Per terreni granulari ($\varphi > 0$) la formula è la seguente:

$$R_a = \pi \cdot D_p \cdot L \cdot \tan \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \sin \varphi \cdot \frac{1 + e^{2 \cdot \pi \cdot \tan \varphi}}{2} \cdot \gamma \cdot z$$

dove:

D_p = diametro di perforazione;

L = lunghezza della zona ancorata;

z = profondità del punto medio del tratto ancorato;

γ = peso di volume del terreno soprastante il tratto ancorato.

In terreni coesivi ($\varphi=0$) e per analisi a breve termine si può invece utilizzare la relazione:

$$R_a = \pi \cdot D_p \cdot L \cdot c_u$$

c_u = coesione non drenata del terreno nella zona di ancoraggio.

Verifiche dell'aderenza del tirante (progetto di massima del bulbo di ancoraggio)

La lunghezza minima del bulbo iniettato (ancoraggio) deve essere tale da soddisfare le tre seguenti verifiche.

ADERENZA ACCIAIO-MALTA DI INIEZIONE

Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$L(cm) \geq 0.01 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d \cdot \tau \cdot \gamma \cdot s}$$

dove:

L(cm) = lunghezza dell'ancoraggio;

T(N) = sforzo massimo di trazione del tirante;

d(cm) = somma dei diametri dei trefoli o delle barre;

τ (Mpa) = $0,4 + (R_{bk} - 15)/75$, con R_{bk} = resistenza caratteristica della malta d'iniezione (MPa);

γ = coefficiente correttivo fornito dalla seguente tabella:

TIPOLOGIA ARMATURA TIRANTE	COEFFICIENTE γ	
	min	max
✓ Fili lisci, barre lisce, trefoli compatti allo stato naturale	1.3	1.3
✓ Trefolo normale o barre corrugate puliti allo stato naturale	2.0	2.0
✓ Fili lisci, barre lisce, trefoli compatti verniciati o untati	0.75	0.85

✓	Fili lisci con ringrossi o compression grips all'estremità profonda, barre liscie con dado e rondella all'estremità profonda	1.7	1.7
✓	Trefoli normali con compression grips all'estremità profonda	2.5	2.5

s = coefficiente correttivo ricavabile dalle seguenti tabelle

- per elementi di tensione contenuti in una stessa guaina o perforazione, separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature alternate nel *fascio* (n = numero di barre, trefoli, fili contenuti nella stessa guaina o perforazione):

n	✓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
s	✓	1	0.89	0.81	0.72	0.63	0.55	0.48	0.42	0.36	0.32	0.28	0.24

- per elementi di tensione paralleli contenuti nella stessa guaina o perforazione (*nel caso di più di 4 elementi introdurre il diametro minimo circoscritto a tutti gli elementi invece della somma dei singoli diametri*):

n	✓	1	2	3	4
s	✓	1	0.8	0.6	0.5

ADERENZA MALTA – GUAINA CORRUGATA

Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$L(cm) \geq 0.01 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d \cdot \tau}$$

dove:

L(cm) = lunghezza dell'ancoraggio;

T(N) = sforzo massimo di trazione del tirante;

d(cm) = diametro interno della guaina corrugata;

τ (Mpa) = $0,4 + (R_{bk} - 15)/75$, con R_{bk} = resistenza caratteristica della malta d'iniezione (MPa).

ADERENZA DELLA MALTA AL FORO

Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$L(cm) \geq 0.01 \cdot \frac{3.5 \cdot T}{\pi \cdot d \cdot \tau}$$

dove:

L(cm) = lunghezza dell'ancoraggio;

T(N) = sforzo massimo di trazione del tirante;

d(cm) = diametro della perforazione;

τ (Mpa) = tensione di aderenza unitaria malta-terreno, funzione delle caratteristiche meccaniche della roccia o del terreno sciolto; non deve superare il valore di $\tau_{max} = 0,8 + (R_{bk} - 10)/25$, con R_{bk} = resistenza caratteristica della malta d'iniezione (MPa); τ può, in prima approssimazione, essere ricavata dalle seguenti tabelle:

TERRENO		Tensione di aderenza unitaria malta-terreno [Mpa]	
		min	max
ROCCIA			
✓	Basalto	5.50	6.00
✓	Calcare	2.80	4.80
✓	Arenaria	1.50	1.70
✓	Dolomite	1.70	1.90
✓	Scisti	0.50	0.70
✓	Scisti alterati	0.30	0.50
✓	Gesso	0.60	0.80
✓	Ardesia	1.60	1.80
SCIOLTO			
✓	Limi argillosi	0.06	0.09
✓	Argilla satura	0.05	0.08
✓	Argilla sabbiosa compatta	0.20	0.40
✓	Sabbia medio fine compatta	0.20	0.60
✓	Argilla medio plastica dura	0.20	0.50
✓	Argilla medio plastica media	0.16	0.29
✓	Sabbia grossa e ghiaia compatta	0.29	0.60

E. Segre, "Proposta di metodo di prove semplici per tiranti di ancoraggio" (Industria Italiana del Cemento 6/88)

TERRENO	Tensione di aderenza unitaria
---------	-------------------------------

		malta-terreno [Mpa]		
		min	med	max
✓	Basalto compatto		5.73	
✓	Granito alterato	1.5		2.5
✓	Basalto		3.86	
✓	Granito		4.83	
✓	Serpentino		1.55	
✓	Granito e basalto	1.72		3.10
✓	Scisto		2.80	
✓	Ardesia e argilla scistosa	0.83		1.38
✓	Cacare		2.83	
✓	Creta (Chalk)	0.22		1.07
✓	Calcere argilloso		2.75	
✓	Calcere tenero	1.03		1.52
✓	Calcere dolomitico	1.38		2.07
✓	Arenaria alterata	0.69		0.85
✓	Limo ben cementato		0.69	
✓	Arenaria compatta		2.24	
✓	Arenaria	0.83		1.73
✓	Marna del Keuper	0.17		0.25
✓	Argilla scistosa tenera		0.35	
✓	Argilla tenera e scistosa	0.21		0.83

G. S. Littlejohn, D.A. Bruce, "Rock anchors – Design and quality control

Normativa

D.M. 14.01.2008 (N TC)

Verifiche di sicurezza (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza vanno presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve che a lungo termine.

Per il dimensionamento geotecnico (**stato limite di sfilamento della fondazione dall'ancoraggio**) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove :

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d rappresenta il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica di tale condizione va effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I.

Il flusso di calcolo si riporta di seguito:

Step 1 - Si calcola l'azione di progetto E_d considerando **tutti i possibili stati limiti ultimi (SLU) e di esercizio (SLE)**, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tabella 6.2.I (il valore dell'azione tiene già conto delle amplificazioni con i coefficienti di sicurezza derivanti dai calcoli del ponte)

Step 2 - Si determina con uno dei metodi analitici proposti (*Schneebeli*) il valore medio e minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo (resistenza di calcolo a sfilamento utilizzando i parametri geotecnici caratteristici del terreno dedotti dai risultati di prove in situ e/o di laboratorio), il valore della resistenza caratteristica $R_{a,k}$ si ottiene dalla seguente condizione, tenendo conto dei profili d'indagine:

$$R_{a,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a,3}}; \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a,4}} \right\}$$

✓ Numero profili d'indagine	1	2	3	4	≥ 5
✓ $\xi_{a,3}$	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
✓ $\xi_{a,4}$	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Nella valutazione della analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Step 3 - Si calcola la resistenza di progetto:

$$R_{a,d} = \frac{R_{a,k}}{\gamma_R}$$

dove :

$R_{a,k}$ è il valore della resistenza caratteristica;

γ_R rappresenta il coefficiente parziale della resistenza dell'ancoraggio.

	TIPOLOGIA DEGLI ANCORAGGI	Simbolo	Coeff. Parziale
✓	Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1.10
✓	Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1.20

Step 4 – Verifica:

$$E_d \leq R_{a,d}$$

D.M.11.03.1988

“Per il progetto e l'esecuzione degli ancoraggi si potrà fare riferimento a: AICAP (1983). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce - Raccomandazioni - Edizione provvisoria”.

Il dimensionamento della fondazione dei tiranti viene effettuato imponendo che l'azione sollecitante di progetto non sia superiore all'azione resistente per lo stato limite ultimo di progetto:

$$N_Q \leq \frac{N_{fu}}{\gamma_f}$$

In cui il coefficiente di sicurezza:

γ_f = 2.0 per tiranti temporanei

γ_f = 2.5 per tiranti permanenti

In ogni caso la lunghezza della fondazione non può essere inferiore a 3 m (2 m per i tiranti in roccia).

La forza limite ultima della fondazione N_{fu} è la forza di trazione che provoca lo sfilamento dell'armatura della fondazione, oppure lo sfilamento della fondazione stessa dal terreno. Con N_Q si indica la forza teorica di utilizzazione. Le verifiche di aderenza sono soddisfatte con $\gamma_f N_Q = T$, il tirante risulta verificato.

Dati generali

Metodo di calcolo Schneebeli

Normativa

NTC (A1+M1+R3)

Fattori di sicurezza

Ancoraggi permanenti

1,20

Dati calcolo resistenza a sfilamento

Tipo di terreno:

Granulare

Accelerazione sismica di progetto (a_{max}/g)

0.1361 g

P. U. V. del terreno soprastante il tratto ancorato

22 kN/m³

Angolo di attrito interno del terreno

φ 36 °

Coesione non drenata del terreno

c 30 kPa

Densità relativa del terreno

Dr 70 %

Diametro di perforazione

0.12 m

Lunghezza della zona ancorata

La 7 m

Profondità del punto medio del tratto ancorato

8.5 m

Fattori correttivi sulle verticali indagate (n. 1)

$\xi_{a,3}$ 1,80

Dati verifiche di aderenza e dimensionamento di massima della piastra di ancoraggio

Sforzo di progetto tirante

535300 N

Somma dei diametri dei trefoli

4.53 cm

Resistenza di calcolo acciaio (F_{yd})

1670 MPa

Diametro interno della guaina grecata

4.59 cm

Diametro del foro retrostante la piastra

12 cm

Tensione di aderenza acciaio malta

3 MPa

Resistenza a compressione amm.le del materiale su cui poggia la piastra

25 MPa

Resistenza di aderenza acciaio-malta

Coefficiente correttivo

γ 1,30

Numero di elementi (barre trefoli, fili) di tensione contenuti in una stessa guaina o perforazione, separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature alternate nel fascio

4

Coefficiente correttivo

s 2,00

Resistenza di aderenza della malta al foro

Tensione di aderenza

T 2.8 MPa

Risultati

Resistenza allo sfilamento - temporanei

3622,54 kN

Resistenza allo sfilamento - permanenti

3320,66 kN

Verifica dell'aderenza acciaio-malta d'iniezione

La = 700,00 >= 123,74 (cm) - Soddisfatta

Verifica dell'aderenza malta-guaina corrugata

La = 700,00 >= 123,74 (cm) - Soddisfatta

Verifica dell'aderenza della malta al foro

La = 700,00 >= 177,49 (cm) - Soddisfatta

I dati sopra riportati sono coerenti con una verifica di massima alle tensioni ammissibili che viene proposta nelle note seguenti:

VERIFICA SOMMARIA

$\tau_{\text{barra/malta}} = N_{t_{\text{sicur.}}}/\text{Superf. contatto barra-malta} = N_t/(\text{Diam} * 3.14 * \text{Lungh.Ancor.}) =$
 $= 53530 \text{ daN}/(3.5*3.14*700) \text{ cm}^2 = 53530/7693 = 6.95 \text{ daN/ cm}^2$
 $\tau_{\text{malta/roccia}} = N_{t_{\text{sicur.}}}/\text{Superf. contatto malta-roccia} = N_t/(\text{Diam} * 3.14 * \text{Lungh.Ancor.}) =$
 $= 53530 \text{ daN}/(12*3.14*700) \text{ cm}^2 = 53530/26376 = 2.03 \text{ daN/ cm}^2$
i dati suddetti sono da considerare inferiori ai τ minimi ammissibili.

10) Conclusioni e prescrizioni tecniche

Le sollecitazioni sul terreno, i cedimenti previsti per le fondazioni e le sollecitazioni sui tiranti di ancoraggio sono nell'ambito della norma.

il progettista